

Programme-cadre

Sciences

Cycles intermédiaire
et supérieur

1987

13^e partie

Chimie

11^e année,
niveau avancé, et CPO

OHEC
373.19
09713
059DE/C-
S
French
1987
Pt.13

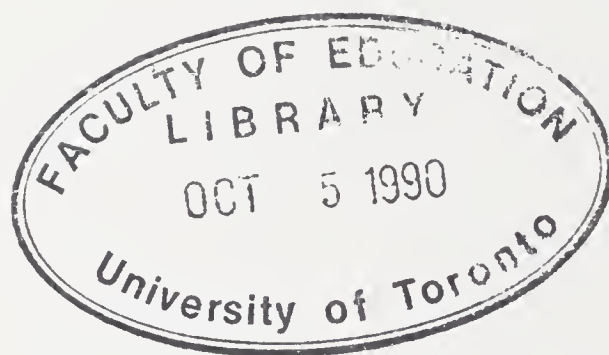


Table des matières

Introduction	3
Parties composant le programme-cadre	3
Caractéristiques communes à tous les cours du programme de sciences	3
Continuité des cours du programme de sciences	5
Cours obligatoires et préalables	5
Intégration des buts et du contenu	5
Activités des élèves	5
Sécurité	6
Questions épineuses et controversées	6
Évaluation du rendement des élèves	6
Renvois	6
Particularités des cours de chimie de niveau avancé du cycle supérieur	7
Unités d'étude et nombre d'heures allouées à chacune ...	7
Liens entre les deux cours	7
Le cours de chimie de 11 ^e année	8
Le CPO de chimie	8
Les unités SI en chimie (cycle supérieur)	9

Chimie, 11^e année, niveau avancé (SCH3A)

11

Unités obligatoires :	
1. La matière	12
2. Les éléments et les liaisons chimiques	14
3. Les gaz	16
4. Les réactions chimiques	18
5. Les calculs relatifs aux réactions chimiques	21
6. Les solutions	22
7. L'industrie et la société	25

Chimie, CPO (SCH0A)

29

Unités obligatoires :

1. La chimie organique	30
2. La structure atomique et l'architecture moléculaire ..	32
3. L'énergie et la vitesse des réactions chimiques	34
4. L'équilibre – Introduction	36
5. L'équilibre – Applications	38
6. L'oxydoréduction et l'électrochimie	39
7. Recherches personnelles	42

Annexes

45

A. Codes des cours de sciences	46
B. Table des matières de la 1 ^{re} partie du programme-cadre ..	47

Introduction

Parties composant le programme-cadre

Le présent document constitue la treizième partie d'un programme-cadre composé de quinze parties définissant le programme de sciences des cycles intermédiaire et supérieur des écoles de l'Ontario et décrivant les cours de sciences qui peuvent être offerts (voir la liste des codes de cours à l'annexe A).

La lecture et la mise en œuvre de la présente partie doivent se faire conjointement avec celles de la 1^{re} partie, qui s'intitule *Politique générale du programme de sciences*. Lorsqu'ils donneront les cours de sciences décrits dans le présent document, les enseignants devront tenir compte des nombreux éléments présentés dans la 1^{re} partie. Celle-ci les aidera à interpréter les intentions et les attentes globales du ministère de l'Éducation en ce qui a trait au programme de sciences. L'annexe B, qui se trouve à la fin du présent document, donne la table des matières de la 1^{re} partie, ce qui permettra ainsi aux lecteurs d'avoir rapidement accès à la liste des chapitres et des sujets dont elle se compose.

Le programme provincial de sciences des cycles intermédiaire et supérieur se compose des cours décrits dans les parties 2 à 15; ces cours ont été élaborés conformément à la ligne de conduite et à la politique exposées dans la 1^{re} partie. Le programme-cadre de sciences se compose des quinze parties suivantes :

- 1^{re} partie : Politique générale du programme de sciences
- 2^e partie : Sciences, 7^e et 8^e année
- 3^e partie : Sciences, 9^e et 10^e année, niveau général
- 4^e partie : Sciences, 9^e et 10^e année, niveau avancé
- 5^e partie : Sciences, 9^e et 10^e année, niveau fondamental
- 6^e partie : Sciences, 11^e et 12^e année, niveau fondamental

- 7^e partie : Sciences de l'environnement, 10^e, 11^e et 12^e année, niveau général
- 8^e partie : Sciences de l'environnement, 10^e et 12^e année, niveau avancé
- 9^e partie : Biologie appliquée et Chimie appliquée, 11^e année, niveau général
- 10^e partie : Physique appliquée et Sciences de la technologie, 12^e année, niveau général
- 11^e partie : Géologie, 12^e année, niveaux général et avancé
- 12^e partie : Biologie, 11^e année, niveau avancé, et CPO
- 13^e partie : Chimie, 11^e année, niveau avancé, et CPO
- 14^e partie : Physique, 12^e année, niveau avancé, et CPO
- 15^e partie : Les sciences dans la société, CPO

Le tableau de la page suivante présente les 28 cours de sciences qui pourront être offerts de la 7^e à la 12^e année et dans le cadre des CPO.

Caractéristiques communes à tous les cours du programme de sciences

La 1^{re} partie du présent programme-cadre renferme un grand nombre d'éléments dont on devra tenir compte au moment de la préparation du programme de sciences des cycles intermédiaire et supérieur. Ces éléments sont trop nombreux pour que l'on puisse les décrire à nouveau dans chaque partie (2 à 15), mais en voici quelques-uns à titre d'exemple :

- renseignements sur les crédits de sciences exigés pour l'obtention du diplôme d'études secondaires de l'Ontario;
- liste des cours de sciences que les élèves doivent suivre avant de pouvoir s'inscrire à d'autres cours de sciences;
- politique relative aux travaux de laboratoire obligatoires;
- liste des buts du programme de sciences et façons de les intégrer au contenu scientifique;
- politique relative au nombre d'heures allouées à chaque unité et à l'ordre d'enseignement des unités obligatoires et facultatives;
- directives concernant les unités élaborées à l'échelon local;
- suggestions touchant les meilleures voies à suivre par les élèves dans le programme de sciences au palier secondaire;
- recommandations touchant les élèves en difficulté, l'enseignement individualisé, la préparation à la vie, l'orientation professionnelle, le rôle et l'évaluation du français dans les cours de sciences, le rôle des filles et des garçons dans le domaine des sciences;
- recommandations sur la façon de présenter et de traiter les questions épineuses et controversées;
- suggestions précises sur les ressources mises à la disposition des professeurs de sciences;

Cours autorisés par le programme-cadre de sciences, cycles intermédiaire et supérieur

7^e année Sciences

8^e année Sciences

	Niveau fondamental	Niveau général	Niveau avancé
9 ^e année	Sciences (SNC1F)	Sciences (SNC1G)	Sciences (SNC1A)
10 ^e année	Sciences (SNC2F)	Sciences (SNC2G) Sciences de l'environnement (SEN2G)	Sciences (SNC2A) Sciences de l'environnement (SEN2A)
11 ^e année	Sciences (SNC3F)	Biologie appliquée (SBA3G) Chimie appliquée (SCA3G) Sciences de l'environnement (SEN3G)	Biologie (SBI3A) Chimie (SCH3A)
12 ^e année	Sciences (SNC4F)	Sciences de l'environnement (SEN4G) Géologie (SGE4G) Physique appliquée (SPA4G) Sciences de la technologie (STE4G)	Sciences de l'environnement (SEN4A) Géologie (SGE4A)* Physique (SPH4A)
CPO			Biologie (SBI0A) <i>Préalable</i> – Biologie (SBI3A) Chimie (SCH0A) <i>Préalable</i> – Chimie (SCH3A) Physique (SPH0A) <i>Préalable</i> – Physique (SPH4A) Les sciences dans la société (SSO0A) <i>Préalable</i> – Un cours parmi : Biologie (SBI3A) Chimie (SCH3A) Sciences de l'environnement (SEN4A) Géologie (SGE4A)* Physique (SPH4A)

* Le cours de géologie de 12^e année de niveau avancé décrit dans ce programme-cadre (voir la 11^e partie) peut être enseigné dans le cadre du programme des cours d'un département de géographie sous le titre Géologie (CGE4A) – prière de noter le changement du code de cours. Dans ce cas, le cours Géologie (SGE4A) ou Géologie (CGE4A) peut servir de préalable au cours Les sciences dans la société (SSO0A).

- suggestions sur les divers modes d'enseignement des cours de sciences, y compris l'éducation coopérative;
- rôle prépondérant des mesures et des unités SI dans les cours de sciences;
- précisions concernant le traitement des symboles et des chiffres significatifs et la résolution des problèmes mathématiques;
- recommandations sur le rôle de la calculatrice et de l'ordinateur dans les cours de sciences;
- directives spécifiques concernant la sécurité;
- politique et principes touchant l'évaluation du rendement des élèves;
- politiques relatives au traitement des cours de sciences aux trois niveaux de difficulté;
- suggestions multiples sur la mise en œuvre du programme de sciences.

On ne saurait trop insister sur l'importance, pour les professeurs de sciences, d'intégrer à leur enseignement la politique et les recommandations énoncées dans la 1^{re} partie; les enseignants ne peuvent pas s'en tenir aux seules descriptions de cours fournies dans les parties 2 à 15 du programme-cadre.

Continuité des cours du programme de sciences

Au moment où ils atteindront le cycle supérieur, les élèves auront déjà fait l'expérience, aux cycles primaire et moyen, de la méthode dite *unifiée*, c'est-à-dire que les sciences sont associées à un certain nombre d'autres matières; au cycle intermédiaire, la méthode est *diversifiée* : on aborde toute une gamme de disciplines scientifiques, notamment la biologie, la chimie, la physique et les sciences de l'environnement. Au cycle supérieur, la méthode est dite *spécialisée*, c'est-à-dire que les cours de sciences portent sur une seule discipline à la fois.

Bien que ces trois approches (unification, diversification et spécialisation) permettent de traiter le sujet de différentes façons, leur but est d'assurer la continuité du programme pendant toute la scolarité des élèves. Les deux cours de chimie de niveau avancé, soit le cours de 12^e année et le cours préuniversitaire de l'Ontario (CPO), approfondissent les unités de chimie des cours de niveau avancé du cycle intermédiaire. Il est essentiel, pour les élèves qui veulent aller à l'université et poursuivre des études de chimie, d'inclure dans leur programme d'études secondaires le cours de chimie de 11^e année, niveau avancé, et le CPO de chimie.

Les professeurs de chimie se doivent de connaître la matière contenue dans les unités de sciences physiques du cycle intermédiaire et d'être au courant des liens entre les cours de chimie, de biologie et de physique du cycle supérieur.

Les unités obligatoires ainsi que les unités facultatives prévues, le cas échéant, doivent être incluses dans tous les cours de sciences. Afin que suffisamment de temps soit consacré à chacune des unités du cours, il serait bon que les enseignants tiennent compte du temps alloué à chacune des unités. Cet aspect est important, compte tenu de la continuité qui existe entre les cours des trois cycles déjà cités et les programmes de sciences du cycle supérieur.

Cours obligatoires et préalables

Le programme des écoles secondaires prévoit deux cours de sciences parmi les sujets obligatoires nécessaires à l'obtention du diplôme d'études secondaires de l'Ontario. On s'attend donc que la plupart des élèves qui s'inscrivent aux cours de chimie de niveau avancé du cycle supérieur aient suivi des cours de sciences de 9^e et de 10^e année, également de niveau avancé.

Le cours de chimie de 11^e année, niveau avancé, constitue un préalable au CPO de chimie. Les directeurs d'école peuvent renoncer à cette exigence si l'élève a suivi des cours jugés équivalents aux cours préalables ou s'il y a lieu de croire que cet(te) élève est en mesure de suivre le CPO de chimie à titre de cours préparatoire à des études universitaires.

Intégration des buts et du contenu

On recommande aux enseignants de structurer chacun des cours décrits dans le présent document autour d'un but principal du programme scolaire ou d'un ensemble de buts particuliers. Ces buts donnent au programme scolaire une orientation spécifique qui peut se greffer sur le contenu et les méthodes soulignés dans les cours. Il est question de cette approche dans la sous-section 3.4 de la 1^{re} partie du programme-cadre, intitulée «Intégration des buts et du contenu». Le tableau 2, qui se trouve dans cette sous-section, illustre les résultats de cette intégration. Cette façon de procéder mettra en valeur l'élaboration des cours de sciences décrits dans le présent document. Si l'on fait ressortir un but précis en le reprenant tout au long d'un cours ou dans plusieurs unités, celui-ci devient alors le thème dominant ou un thème qui intègre toutes les activités.

Activités des élèves

Chaque unité d'étude comprend une section intitulée «Activités des élèves». Cette section indique les travaux pratiques que les élèves sont *obligés* d'effectuer. S'ils le jugent opportun, les enseignants peuvent les remplacer par d'autres activités *équivalentes*. Les activités que les élèves doivent entreprendre eux-mêmes sont désignées par un astérisque. Si le temps et les circonstances le

permettent, les enseignants devraient inciter les élèves à faire les travaux qui ne sont pas marqués d'un astérisque. Ces exercices peuvent toutefois être démontrés par un ou une élève ou par l'enseignant ou l'enseignante, ou expliqués à l'aide d'un manuel, d'un film, d'un programme informatique ou de tout autre matériel didactique. Quoi qu'il en soit, on considérera que les notions et les principes scientifiques, sur lesquels portent les exercices non désignés par un astérisque et dont il est question dans les objectifs de l'unité d'étude, font partie intégrante du cours.

Règle générale, la meilleure façon d'aborder l'enseignement des sciences est de veiller à ce que le contenu du cours découle directement des travaux pratiques effectués par les élèves. On devrait présenter les techniques et méthodes du travail scientifique comme l'élément central de chaque unité d'étude, élément à partir duquel seront développées la matière, les applications et les répercussions.

Sécurité

Tous les élèves qui suivent des cours de sciences doivent être sensibilisés à l'importance de la sécurité. Il faut constamment insister sur la prévention des accidents dans toutes les activités des élèves et les démonstrations des enseignants en laboratoire. La section 9 de la 1^{re} partie, «La sécurité», comprend des sous-sections détaillées dont les titres sont les suivants :

- La sécurité dans le laboratoire
- Mesures de sécurité recommandées
- Soins aux animaux pendant les cours de sciences
- Manipulation des plantes : règles de sécurité

La section 6 de chaque unité, «Mesures de sécurité à envisager», rappelle quelques-unes des mesures de sécurité s'appliquant à l'unité en question. Toutefois, on devrait constamment se référer à la section 9 de la 1^{re} partie. Les écoles doivent toujours être vigilantes quand il s'agit de la sécurité, et elles doivent mettre à jour régulièrement leur programme de sensibilisation à la sécurité.

Questions épineuses et controversées

Le programme scolaire décrit dans le présent document fait clairement ressortir les liens existant entre les sciences, la technique et la société. Les applications et les incidences sociales des sciences sont des composantes obligatoires de chaque unité. Par ailleurs, il est question, dans la 1^{re} partie du programme-cadre, de la nécessité d'intégrer l'enseignement des valeurs aux cours de sciences. Cet enseignement provoquera inévitablement des discussions sur certaines questions épineuses et controversées.

Il est important que de telles discussions aient lieu. Elles devraient en général porter sur un point précis et les élèves devraient tous pouvoir exprimer leur opinion. On demande donc aux professeurs de sciences de bien connaître la section 10 de la 1^{re} partie, «Les valeurs et le programme de sciences», et de prêter une attention particulière aux principes qu'il faut observer lorsqu'on traite de questions épineuses dans le programme de sciences. La sous-section 10.2 porte sur ces principes.

Évaluation du rendement des élèves

Il faut faire particulièrement attention aux énoncés de principes formulés à la section 14 de la 1^{re} partie du programme-cadre, intitulée «Évaluation». L'évaluation du rendement des élèves, dans tous les cours de sciences des cycles intermédiaire et supérieur, doit inclure les éléments suivants :

- travaux et comptes rendus
de laboratoireau moins 15 pour 100
de plus, pour les CPO :
- étude personnelleau moins 10 pour 100
- un ou plusieurs examens officiels 30 à 40 pour 100

La section 5 de chaque unité décrite dans le présent document porte sur certaines composantes qui doivent être incluses dans la note cumulative (examens officiels non compris) au moment de l'évaluation du rendement de l'élève. Dans la plupart des unités, on demande aux enseignants d'évaluer les travaux de laboratoire et les comptes rendus d'expériences. Cependant, la façon dont la note sera répartie variera selon les enseignants. Pour bien faire ressortir l'importance des travaux pratiques, au moins 15 pour 100 de la note globale doit porter sur les travaux de laboratoire et les comptes rendus d'expériences.

Renvois

Des renvois entre parenthèses figurent dans la description des unités apparaissant dans le présent document. Ces renvois servent à illustrer quelques-uns des liens qui existent entre les éléments de l'unité.

Particularités des cours de chimie de niveau avancé du cycle supérieur

Unités d'étude et nombre d'heures allouées à chacune

Les tableaux suivants donnent une vue d'ensemble des unités d'étude prévues pour le cours de chimie de 11^e année, niveau avancé, et le CPO de chimie, ainsi que du nombre d'heures allouées à chacune.

Chimie, 11^e année, niveau avancé (SCH3A)

Unités d'étude	Durée
----------------	-------

Obligatoires

1. La matière	8 h
2. Les éléments et les liaisons chimiques	20 h
3. Les gaz	15 h
4. Les réactions chimiques	25 h
5. Les calculs relatifs aux réactions chimiques	13 h
6. Les solutions	20 h
7. L'industrie et la société	9 h

110 h

Chimie, CPO (SCH0A)

Unités d'étude	Durée
----------------	-------

Obligatoires

Révision	4 h
1. La chimie organique	15 h
2. La structure atomique et l'architecture moléculaire	13 h
3. L'énergie et la vitesse des réactions chimiques	20 h
4. L'équilibre – Introduction	12 h
5. L'équilibre – Applications	18 h
6. L'oxydoréduction et l'électrochimie	20 h
7. Recherches personnelles	8 h

110 h

Liens entre les deux cours

Les deux cours de chimie de niveau avancé du cycle supérieur – Chimie, 11^e année, niveau avancé, et Chimie, CPO – forment un tout. Il est obligatoire de suivre le premier cours avant de s'inscrire au second. Les enseignants chargés de l'un ou de l'autre cours devraient connaître à fond la matière des deux cours de façon à minimiser les répétitions et assurer une continuité.

Les deux cours de chimie, tant celui de 11^e année que le CPO, mettent l'accent sur l'équilibre à atteindre entre le *contenu* et la *méthode* scientifique, éléments étayés par les travaux de laboratoire qu'effectuent les élèves. Les deux cours exigent également qu'un équilibre existe entre les travaux *quantitatifs* et *qualitatifs*. Le volet quantitatif comporte des mesures, des analyses graphiques et la résolution de problèmes mathématiques, et le volet qualitatif, la communication, oralement ou par écrit, d'idées, de concepts, de résultats, de questions et d'opinions. Il faut insister sur l'emploi des termes appropriés. Un équilibre peut être trouvé grâce à l'intégration des buts et du contenu : *sciences-technique-société*. Les applications et les incidences sociales que présente chaque unité d'étude devraient amener les élèves à concevoir la chimie comme une importante sphère d'activités, qui influence les particuliers, les sociétés et les nations.

Dans les deux cours de chimie, on devrait parler des métiers et professions dans lesquels la chimie joue un rôle, afin d'inciter les jeunes à s'intéresser aux sciences et de susciter des échanges de vue sur les travaux, les responsabilités et l'influence des chimistes. Il serait également bon, de temps à autre, de mettre l'accent sur les réalisations de certains chimistes canadiens ou étrangers.

Les enseignants chargés de ces deux cours de chimie devraient inculquer aux élèves la notion que la matière et l'énergie les entourent, qu'ils en font partie et qu'il y a action réciproque entre eux et la matière et l'énergie. Les cours devraient également permettre aux élèves de comprendre les interactions qui existent entre les chercheurs, l'industrie, l'environnement et tous les êtres vivants. Les élèves se rendront compte alors que la chimie peut améliorer la qualité de la vie et servir à des fins utiles, constructives et pacifiques.

Le cours de chimie de 11^e année

Comme un certain nombre d'élèves ne suivront que le cours de 11^e année, et non le CPO, ce cours constitue un survol de la matière et comporte sept unités obligatoires de chimie. Bien que ce cours soit une introduction, il doit toutefois constituer une bonne base pour les élèves qui désirent poursuivre l'étude de la chimie au niveau du CPO. On y traite donc d'une vaste gamme de sujets plutôt que d'un petit nombre de questions en détail.

Le cours de chimie de 11^e année, niveau avancé, vise à fournir aux élèves de bonnes bases qui leur permettront de comprendre les concepts de la chimie, d'utiliser les substances chimiques intelligemment et en toute sécurité, et d'être conscients des applications et des répercussions de la chimie dans le secteur de la technique et dans la société. Le cours fera le lien entre la chimie et les autres disciplines scientifiques, et il incitera les élèves à être conscients de la matière, des molécules et des atomes ainsi que des changements qui s'y produisent.

Le cours comporte des opérations mathématiques consistant surtout en l'équilibrage des équations, mais il ne doit pas trop se concentrer sur la résolution de problèmes mathématiques aux dépens des autres objectifs.

Le CPO de chimie

Le CPO de chimie est plus rigoureux que celui de 11^e année et traite de nombreux sujets de façon plus approfondie. Il vise à préparer les élèves à poursuivre des études de chimie au niveau universitaire et insiste donc davantage sur la résolution de problèmes mathématiques que le cours de 11^e année.

Au fur et à mesure que le cours se déroule, la résolution de problèmes devrait inclure des problèmes faisant appel à des concepts tirés d'une ou de plusieurs unités. Les élèves auront ainsi l'occasion de se rendre compte que les divers domaines de la chimie peuvent être mis en corrélation et sont souvent interdépendants.

Le CPO de chimie donne aux élèves l'occasion d'approfondir les connaissances acquises dans le cadre du cours de 11^e année, qui est préalable au CPO. On y traite en détail de la façon dont la matière se transforme et entre en interaction. Le cours est plus théorique que celui de 11^e année, mais il comporte néanmoins de nombreuses séances de laboratoire. L'un des buts du CPO de chimie est de préparer les élèves à des études scientifiques post-secondaires. Il faudrait insister tout particulièrement sur des éléments tels que la formulation d'hypothèses, l'interprétation de données, la résolution de problèmes et le processus de décision. La théorie, la pratique et l'étude des applications techniques et des incidences sociales doivent être intimement liées.

Dans le cadre du CPO, on a prévu quatre heures pour la révision de certains éléments étudiés pendant le cours de chimie de 11^e année, niveau avancé. On peut employer ce temps selon les besoins au cours de l'étude des diverses unités.

Bien que ce ne soit pas obligatoire, on recommande néanmoins que l'unité obligatoire n° 1, qui s'intitule «La matière», constitue la première unité du CPO. Cette façon de procéder présente les avantages suivants :

- ▶ étant donné qu'il s'agit d'une unité nouvelle, elle suscitera l'intérêt des élèves;
- ▶ elle peut être utile aux élèves qui suivent le cours préuniversitaire de biologie;
- ▶ elle peut permettre de revoir des concepts, par exemple, les transformations et les liaisons chimiques, et la structure moléculaire.

L'unité obligatoire n° 7 du CPO, qui s'intitule «Recherches personnelles», devrait être présentée au début du cours afin que les élèves aient suffisamment de temps pour choisir un ou plusieurs sujets appropriés et trouver de la documentation dans diverses sources de référence avant d'entamer le travail de recherche proprement dit. Les élèves devraient également disposer d'assez de temps en classe pour faire un travail valable. Au moins 10 pour 100 de l'évaluation du rendement des élèves pour l'ensemble de ce cours doit se fonder sur l'étude personnelle.

Dans le CPO de chimie, l'examen ou les examens officiel(s) pour tous les élèves compte(nt) pour environ 30 à 40 pour 100 de la note finale et devrait(ent) comprendre une gamme de questions diverses, notamment des questions à réponses à deux choix, à choix multiples, à réponses correspondantes, à réponses courtes; des questions à compléter, des questions restreintes et des questions à développement, des questions numériques et, le cas échéant, des questions mettant à l'épreuve les aptitudes des élèves au laboratoire. L'examen ou les examens officiels peuvent comporter une partie écrite et des épreuves au laboratoire. Ces dernières peuvent être rapprochées les unes des autres ou se dérouler à des semaines, voire à des mois d'intervalle.

Les unités SI en chimie (cycle supérieur)

Dans la sous-section 8.2 de la 1^{re} partie du programme-cadre, on trouve une liste d'unités SI que les élèves doivent en principe connaître avant la fin de la 10^e année. Il va de soi qu'au cycle supérieur, le nombre d'unités SI que doivent connaître les élèves en sciences augmente sensiblement.

Les élèves des cours de sciences de niveau avancé du cycle supérieur devraient être en mesure de comprendre les unités dérivées de façon *cohérente*. Dans un système de mesures, le terme cohérence signifie que des unités dérivées, comme le mètre cube, le joule, le pascal, le volt, le joule par mole et le becquerel, sont formées par la multiplication et la division des unités fondamentales sans que soit utilisé un facteur numérique autre que le nombre un. Le joule est une unité SI cohérente, puisque $1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$; la calorie n'est pas une unité cohérente, puisque $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$.

On recommande vivement aux professeurs de chimie de consulter attentivement la liste des unités primaires (c'est-à-dire les unités fondamentales et celles qui sont dérivées de façon cohérente de ces mêmes unités) apparaissant à la sous-section 8.2 de la 1^{re} partie du programme-cadre et de déterminer celles qui conviennent aux cours de chimie. Les multiples et sous-multiples sous forme de préfixe des unités primaires doivent être également choisis. L'annexe B de la 1^{re} partie pourra aider les enseignants à faire ce choix.

L'analyse dimensionnelle devrait faire partie des cours de sciences du cycle supérieur. Les équations de chimie sont utiles pour montrer qu'il faut vérifier que les unités de mesure des deux côtés d'une équation sont équivalentes.

Chimie,
11^e année,
niveau avancé
(SCH3A)

Unités obligatoires

La matière

Les éléments et les liaisons
chimiques

Les gaz

Les réactions chimiques

Les calculs relatifs aux réactions
chimiques

Les solutions

L'industrie et la société

(110 heures)

Unité obligatoire n° 1

La matière

Durée : 8 heures

Toute substance est constituée de matière. Comme la matière est en continuelle transformation, ses propriétés ne sont pas permanentes non plus; cependant, on conserve la matière (ou, à l'occasion, on la transforme en énergie). Cette unité a pour but de permettre aux élèves de réviser les notions de chimie qu'ils ont apprises au cycle intermédiaire, d'observer les propriétés et les transformations de la matière et de comprendre comment les théories scientifiques permettent d'expliquer les phénomènes observés.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- La révision de la terminologie et des notions élémentaires
- Les propriétés et les transformations physiques et chimiques
- La loi des proportions définies
- Les théories de la structure de l'atome

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à reconnaître l'ordre qui règne dans notre univers, comme le montre le caractère immuable des propriétés de la matière (2d, 2e);
- b) à comprendre les théories scientifiques qui expliquent le caractère immuable du comportement de la matière;
- c) à s'interroger sur la théorie atomique qui, comme tout autre modèle scientifique, n'est proposée qu'à titre d'explication provisoire et a évolué depuis son premier énoncé (8b).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) observer et comparer les propriétés de diverses substances et déterminer les caractéristiques dont on peut se servir pour séparer les constituants des mélanges (de 2a à 2c);
- b) utiliser le matériel de laboratoire de façon prudente (brûleur Bunsen, matériel de filtration et en verre, par exemple);
- c) prévoir par déduction la grosseur des particules de divers échantillons de matière, puis vérifier l'exactitude des prévisions (de 2a à 2c, 5a);
- d) classer des échantillons de matière selon qu'il s'agit de mélanges mécaniques, de solutions, de substances pures, d'éléments et de composés (de 2a à 2c);
- e) résoudre des problèmes sur la composition massique centésimale d'un composé (2d, 5b).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) réviser et mémoriser la définition des termes suivants : état de la matière, changement d'état, mélange homogène, mélange hétérogène, mélange mécanique, solution, soluté, solvant, substance pure, élément, composé, transformation physique, transformation chimique, réactif, produit, loi de conservation de la masse;
- b) faire la distinction entre les propriétés physiques et les propriétés chimiques de la matière, et entre des observations qualitatives et des observations quantitatives;
- c) décrire et expliquer les méthodes utilisées couramment pour séparer les constituants d'un mélange, dont la filtration, la sédimentation, la distillation, la séparation magnétique, la flottation (2a, 2b);
- d) décrire des expériences illustrant des transformations physiques et chimiques (de 2a à 2d);
- e) nommer certaines des caractéristiques fondamentales des vingt premiers éléments du tableau de classification périodique et d'une dizaine d'autres éléments et en écrire les symboles;
- f) utiliser des symboles pour indiquer le nombre atomique et le nombre de masse d'un élément (^4He , par exemple);
- g) expliquer la loi des proportions définies (ou loi de Proust) au moyen de la théorie atomique (2d);
- h) expliquer brièvement en quoi des scientifiques comme Dalton, Rutherford, Chadwick et Bohr ont contribué à l'élaboration de la théorie atomique;
- i) décrire l'atome comme étant constitué d'un noyau entouré d'un espace presque vide où évoluent des électrons à divers niveaux d'énergie;
- j) indiquer les similitudes et les différences entre l'électron, le proton et le neutron en ce qui concerne leur position dans l'atome, leur masse et leur charge électrique;
- k) définir les termes suivants : nombre atomique, nombre de masse, masse atomique, isotope et radio-isotope;

- l) donner la composition du noyau atomique et, à l'aide de la théorie de Bohr, indiquer la configuration électronique des vingt premiers éléments du tableau de classification périodique (8b, 8c);
- m) décrire comment le spectre de raies des divers éléments étaye la théorie selon laquelle les électrons des atomes se situent à différents niveaux d'énergie (2e).

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- a) séparer les constituants d'un mélange par filtration;
- *b) étudier certaines propriétés physiques et chimiques de plusieurs éléments répandus dans la nature comme le calcium, le sodium, le magnésium, le carbone, l'oxygène et le fer (6a);
- *c) effectuer des expériences illustrant des transformations chimiques simples comme l'oxydation ou la précipitation (6a, 8a);
- *d) vérifier expérimentalement la loi des proportions définies;
- e) observer le spectre continu de la lumière blanche et le spectre de raies de deux ou trois éléments (6b).

3. Applications

- a) La cuisson et la dégradation des aliments ainsi que le blanchissage du linge sont des exemples de transformations physiques et chimiques de la matière.
- b) Les procédés physiques de séparation des mélanges sont utilisés dans les industries minière et laitière; on s'en sert également pour purifier l'eau et lutter contre la pollution atmosphérique.
- c) En métallurgie, la spectroscopie facilite l'identification des impuretés.
- d) Les isotopes radioactifs servent à la datation au carbone ainsi qu'au dépistage et au traitement de certaines maladies.
- e) L'analyse spectrale de la lumière stellaire permet de déterminer de quels éléments se composent les étoiles.
- f) L'eau lourde employée dans le réacteur CANDU contient du deutérium, un isotope de l'hydrogène.
- g) L'isotope cobalt 60 sert au traitement du cancer.

4. Incidences sociales

- a) Les opérations de séparation (l'extraction du métal d'un minerai, par exemple), nous permettent de fabriquer des produits utiles, mais leurs coûts risquent d'augmenter à l'avenir, car il va falloir de plus en plus appliquer de meilleures mesures antipollution.

- b) L'Ontario possède un sous-sol riche en minerais divers dont on extrait de nombreux métaux servant à la fabrication de toute une gamme de produits.
- c) Les processus chimiques peuvent contaminer l'environnement et la présence de tout contaminant, même en petite quantité, peut soulever de graves inquiétudes (les dioxines dans l'eau, par exemple).
- d) En ajoutant une faible quantité de fluorure à l'eau, on contribue à réduire la carie dentaire.
- e) Les déversements accidentels de pétrole produisent des mélanges qui peuvent nuire à l'environnement.
- f) Les isotopes radioactifs ont de multiples applications bénéfiques (traitement du cancer, détecteurs de fumée et stérilisation des aliments, par exemple).
- g) L'élimination des résidus contenant des isotopes radioactifs peut poser de sérieuses difficultés.
- h) Un grand nombre de mélanges sont très utiles (la peinture, l'essence et les produits alimentaires, par exemple).

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 30 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les deux composantes suivantes :

- a) les expériences effectuées au laboratoire et les comptes rendus s'y rapportant, en particulier l'élaboration et la vérification d'hypothèses;
- b) la résolution de problèmes mathématiques.

6. Mesures de sécurité à envisager

- a) Lorsqu'ils choisissent les réactions chimiques que les élèves étudieront lors de leurs activités, les enseignants doivent accorder une attention particulière à la sécurité.
- b) Mettre les élèves en garde contre la haute tension produite par l'appareil servant à étudier les spectres de raies.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) séparer les constituants de mélanges contenant au moins trois substances;
- b) déterminer par électrolyse la composition volumétrique centésimale de l'eau;
- c) faire la synthèse du chlorure de zinc à l'aide de zinc et d'acide chlorhydrique, en vue de déterminer la composition massique centésimale du chlorure de zinc;

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

- d) approfondir certains sujets touchant le domaine nucléaire en discutant, par exemple, des particules subatomiques et des accélérateurs de particules;
- e) discuter de la relation qui existe entre la radioactivité et la stabilité nucléaire;
- f) résoudre des problèmes portant sur l'abondance relative des isotopes dans la nature.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Les élèves peuvent faire la synthèse de quelques composés afin de se familiariser davantage avec certains produits chimiques courants et développer leurs aptitudes au laboratoire.
- b) Souligner l'utilité des théories et en faire ressortir les limites. Exposer l'évolution historique de la théorie atomique jusqu'au modèle moderne, selon lequel l'atome est constitué d'un noyau autour duquel gravitent des électrons se trouvant à divers niveaux d'énergie. Signaler le fait qu'il est impossible de connaître la position exacte des électrons autour du noyau. La discussion du modèle d'orbitale ne fait pas partie des objectifs de cette unité.
- c) Lorsque les élèves apprennent le nom et le symbole des éléments et en tracent le diagramme, on devrait leur montrer le plus grand nombre possible d'échantillons.

Unité obligatoire n° 2

Les éléments et les liaisons chimiques

Durée : 20 heures

Bien qu'il contienne un nombre impressionnant de composés différents, l'univers est formé en revanche d'un nombre relativement restreint d'éléments. L'étude des propriétés physiques et chimiques des éléments et de leur structure permet de comprendre la nature et le mode de formation des composés. Cette unité a pour but de fournir aux élèves l'occasion de découvrir les traits caractéristiques permettant de classer les éléments, de comprendre les structures atomiques et les liaisons chimiques grâce à des modèles scientifiques, et d'acquérir des connaissances élémentaires sur les réactions chimiques.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- La disposition des éléments dans le tableau de classification périodique des éléments
- Le tableau de classification périodique des éléments
- Les structures de Lewis
- Les liaisons ioniques et covalentes

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à comprendre que les éléments du tableau de classification périodique sont classés logiquement et que leurs caractéristiques suivent un plan organisé (de 2a à 2d, 8a, 8b);
- b) à reconnaître que les modèles atomiques permettent d'expliquer les propriétés physiques et chimiques des éléments et la formation des composés (2e, 8c);
- c) à s'intéresser à la nature des liaisons chimiques (2e).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) observer les similitudes et les différences entre certains éléments courants du tableau périodique des éléments (de 2a à 2d, 8b);
- b) classer les éléments dans la catégorie des métaux ou des non-métaux, d'après leurs propriétés physiques et chimiques (2c, 2d, 8a);
- c) reconnaître les métaux et les non-métaux d'après leur position dans le tableau de classification périodique des éléments;
- d) représenter les structures de Lewis pour quelques atomes simples (5c);
- e) prédire le type de liaison de quelques molécules simples en s'appuyant sur les structures de Lewis (2e);
- f) décrire, à l'aide d'expressions justes, les observations qu'ils ont faites sur les propriétés de certains éléments courants (de 2a à 2d);
- g) interpréter des données expérimentales et formuler des généralisations (de 2a à 2d);
- h) prédire les propriétés des éléments à partir de leur position dans le tableau de classification périodique (5b).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) nommer des métaux et des non-métaux courants ainsi que certains des éléments qui possèdent les propriétés de ces deux classes d'éléments (de 2a à 2d, 8a);
- b) définir les termes suivants : énergie d'ionisation, liaison chimique, périodicité, liaison covalente et liaison ionique;
- c) expliquer des liaisons et des structures moléculaires simples au moyen des structures de Lewis (2e);
- d) faire le lien entre la stabilité d'ions positifs et d'ions négatifs, et entre la réactivité de quelques éléments et leur position respective dans le tableau de classification périodique (8d);
- e) tracer un graphique de l'énergie d'ionisation des vingt premiers éléments par rapport à leur numéro atomique et faire le lien entre ces données et leur position dans le tableau de classification périodique des éléments;
- f) énoncer certaines des tendances que l'on peut observer lorsque des métaux entrent en réaction avec des acides ou de l'oxygène (2c, 2d);
- g) étudier l'activité chimique de divers métaux et établir leur série de réactivité chimique (de 2b à 2d);
- h) démontrer à l'aide de modèles que le carbone peut former de longues chaînes moléculaires (2e, 8c, 8e).

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- a) observer les propriétés de certains éléments (carbone, cuivre, nickel, oxygène, sodium et soufre, par exemple) afin de pouvoir les classer dans les métaux ou les non-métaux;

- *b) étudier la vitesse à laquelle certains métaux alcalins et alcalino-terreux réagissent à l'eau et trouver le type de solution obtenue à l'aide de papier tournesol et d'un autre indicateur (5a, 6a);
- *c) observer la réaction de certains métaux et non-métaux (carbone, fer, magnésium et soufre, par exemple) avec l'oxygène, puis procéder à des comparaisons (5a, 6b);
- d) observer la réaction de certains métaux (fer, magnésium et zinc) avec des acides dilués (acide chlorhydrique et acide sulfurique), puis procéder à des comparaisons;
- e) utiliser des trousseaux de modèles moléculaires pour représenter la structure de quelques molécules covalentes simples (hydrogène, chlorure d'hydrogène, ammoniac, eau, méthane, éthane, propane et butane, par exemple).

3. Applications

- a) La plupart des métaux présents dans la nature sont liés à d'autres éléments; il faut donc les extraire de leur minerai dans des usines.
- b) Pour extraire par déplacement le cuivre présent dans une solution, on peut avoir recours à de la limaille. Cette technique peut cependant ne pas donner la pureté voulue.

4. Incidences sociales

- a) Les sociétés industrielles ont besoin d'un grand nombre de métaux; il faut donc appliquer des procédés pratiques d'extraction. Le sous-sol ontarien regorge des minerais dont on extrait ces métaux.
- b) Certaines méthodes appliquées actuellement pour la manipulation et l'entreposage des déchets industriels et chimiques peuvent constituer une sérieuse menace pour l'environnement.
- c) Les précipitations acides sont formées à partir d'éléments non métalliques qui sont libérés dans l'atmosphère au cours de certains procédés industriels.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 40 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les trois composantes suivantes :

- a) les travaux effectués au laboratoire et le classement de données expérimentales, principalement pour les activités 2c et 2d;
- b) la déduction des propriétés des éléments à partir de leur position dans le tableau de classification périodique;
- c) des représentations graphiques des structures de Lewis.

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

6. Mesures de sécurité à envisager

- Placer un grillage ou étendre de la gaze métallique sur le bécher lorsqu'on fait réagir un métal alcalin ou un alcalino-terreux avec de l'eau. Ne pas essayer de recueillir les gaz libérés par le sodium et le potassium.
- S'assurer que la salle soit bien aérée lorsqu'on fait réagir des métaux ou des non-métaux avec de l'oxygène.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- faire le lien entre la position des éléments dans le tableau de classification périodique et la répartition des électrons entre les orbitales «s» et «p»;
- expliquer la formation de la liaison covalente double;
- expliquer la formation des isomères;
- étudier les énergies de deuxième et de troisième ionisation et faire le lien entre leurs valeurs anormalement élevées et la formation d'ions stables;
- faire un compte rendu biographique sur des scientifiques comme Lavoisier et Mendeleïev.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- Amener les élèves à remarquer la position qu'occupent les éléments dans le tableau de classification périodique lorsqu'ils classent les éléments dans les métaux ou les non-métaux. Les élèves devraient déterminer quels éléments se présentent à l'état naturel sous forme de gaz, de liquide ou de solide. Mentionner brièvement les utilisations de chaque élément.
- Utiliser des moyens audio-visuels pour renforcer l'idée de groupement des éléments en fonction de leurs propriétés physiques et chimiques et pour montrer comment on mesure l'énergie d'ionisation en laboratoire.
- Discuter de l'utilité des modèles scientifiques.
- Faire la démonstration d'expériences illustrant les différences entre les éléments et l'éventail de leurs propriétés : conductivité thermique et électrique des métaux et des non-métaux; dureté et ductilité des métaux avant et après chauffage et après refroidissement; réactivité des métaux en présence d'ions métalliques en solution : fer et sulfate de cuivre (II), cuivre et sulfate de fer (III), par exemple.
- L'étude de la chimie organique dans le cadre du CPO exigera la connaissance de la liaison covalente. Au cours de cette unité, on peut présenter brièvement quelques exemples de molécules organiques.

Unité obligatoire n° 3

Les gaz

Durée : 15 heures

Les gaz faisaient l'objet d'intenses recherches avant même que l'on ait établi leur présence dans l'atmosphère terrestre. Sans les gaz, la vie telle que nous la connaissons serait impossible. Le but de cette unité est de faire comprendre aux élèves que l'étude des gaz fournit d'importants indices sur la nature de la matière et de leur permettre d'analyser certains rapports de manière quantitative.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- La théorie cinétique des gaz (révision)
- La mole et la masse et le volume molaires
- Les lois des gaz
- Les problèmes relatifs à la loi de Boyle et Mariotte et à la loi de Gay-Lussac (Charles)

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- à comprendre que les gaz jouent un rôle essentiel et continu dans la vie quotidienne (3, 4);
- à reconnaître que les modèles et les théories, par exemple, la loi de Gay-Lussac (Charles) et la loi de Boyle et Mariotte, permettent d'expliquer les phénomènes naturels (2b).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- mesurer le volume, la température et la pression des gaz (2a, 2b, 8a);
- effectuer des expériences afin de déterminer la masse et le volume molaires des gaz (2a, 8c);

- c) effectuer une expérience pour vérifier la loi de Boyle et Mariotte ou la loi de Gay-Lussac (Charles) (2b);
- d) compiler des résultats sous forme de tableaux et interpréter des graphiques à l'aide de données tirées de la loi de Boyle et Mariotte et de la loi de Gay-Lussac (Charles) (2b, 5b, 8d);
- e) résoudre des problèmes où entrent en jeu les moles, la masse et le volume molaires ainsi que la loi de Boyle et Mariotte et la loi de Gay-Lussac (Charles) (2b, 5c, 8d).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) se rappeler des principaux éléments de la théorie cinétique des gaz, des liquides et des solides;
- b) définir les termes suivants : loi de Boyle et Mariotte, loi de Gay-Lussac (Charles), loi de Dalton, hypothèse d'Avogadro, mole, masse molaire et volume molaire (2a, 2b, 8b);
- c) définir les termes suivants : zéro absolu, kelvin, point d'ébullition normal, pression et température normales (PTN);
- d) connaître la relation existant entre les échelles de température Kelvin et Celsius.

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) calculer expérimentalement des masses ou des volumes molaires (6a, 6b, 8a);
- *b) effectuer une expérience afin de déterminer le volume d'une masse donnée de gaz (i) à diverses pressions mais à température constante, *ou* (ii) à diverses températures mais à pression constante, et exprimer les résultats sous forme de graphiques et de formules mathématiques (6a, 6b, 8a);

3. Applications

- a) Les gaz jouent de multiples rôles dans la vie quotidienne (respiration, conditions atmosphériques, séchoirs à cheveux, aspirateurs, boissons gazeuses, cuisson des gâteaux, fours à gaz et chauffage à l'air chaud des maisons, par exemple).
- b) Pour être en mesure d'expliquer le fonctionnement de divers dispositifs comme les pompes à air et les vaporisateurs, il faut comprendre la compressibilité des gaz.
- c) Les gaz servent de support pour diverses structures gonflables (dômes) et divers moyens de transport (mongolfières, dirigeables, véhicules sur pneus) et permettent la propulsion (moteur à combustion, moteur de fusée).

- d) Les gaz sont essentiels à la survie de l'être humain (plongée sous-marine autonome, tente à oxygène, anesthésiques, par exemple). Les gaz ont aussi d'importantes utilisations industrielles et commerciales (extincteurs, réfrigérateurs, appareils de chauffage, par exemple).
- e) La vapeur d'eau est couramment utilisée pour le chauffage; on s'en sert aussi pour alimenter les turbines qui produisent de l'électricité à partir d'un combustible fossile ou nucléaire.

4. Incidences sociales

- a) Au Canada, les véhicules sont pour la plupart munis d'un moteur à combustion interne.
- b) L'exploration, l'exploitation, le transport, l'entreposage et la distribution du gaz naturel constituent un secteur industriel de grande importance au Canada.
- c) Le transport du gaz par gazoduc, par train et en bouteilles n'est pas sans danger pour les régions habitées.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 30 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les trois composantes suivantes :

- a) les expériences effectuées au laboratoire et les comptes rendus s'y rapportant;
- b) l'interprétation des graphiques à l'aide des données tirées de la loi de Boyle et Mariotte et de la loi de Gay-Lussac (Charles);
- c) la résolution de problèmes.

6. Mesures de sécurité à envisager

- a) Fixer les grandes bouteilles de gaz de façon qu'elles ne puissent pas tomber.
- b) Tenir compte du facteur sécurité en choisissant les gaz pour les expériences (gaz carbonique, hélium, azote, oxygène, par exemple). Avertir aussi les élèves des dangers possibles que comportent les variations de pression.

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

Unité obligatoire n° 4

Les réactions chimiques

Durée : 25 heures

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) effectuer des expériences pour vérifier la loi de Graham sur la vitesse de diffusion des gaz;
- b) se familiariser avec la loi des gaz parfaits : $pV = nRT$.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Se servir de divers gaz pour montrer que certaines propriétés sont communes à toute une série de gaz et que les gaz présentent certaines caractéristiques constantes. Les élèves devraient se rendre compte que ces caractéristiques ne sont pas identiques chez tous les gaz et ne sont pas présentes à toutes les températures et à toutes les pressions.
- b) Mettre l'accent sur le fait qu'il est important de procéder à des examens répétés du comportement des gaz et des liens qui existent entre plusieurs d'entre eux avant de pouvoir désigner ces liens par le terme «loi». Souligner aussi que les *lois* ont des limites, particulièrement en ce qui concerne les gaz *parfaits*.
- c) Pour illustrer l'usage de la déduction dans le raisonnement scientifique, les élèves peuvent se fonder sur l'hypothèse d'Avogadro pour prédire la nature diatomique de certaines molécules gazeuses.
- d) On peut se servir d'un ordinateur pour tracer les graphiques et analyser les données recueillies durant les expériences. On peut aussi y recourir lorsque les élèves font des problèmes portant sur la loi de Boyle et Mariotte et la loi de Gay-Lussac (Charles).

Les transformations chimiques sont à la base de l'étude de la chimie. Cette unité a pour but de fournir aux élèves l'occasion d'étudier les réactions chimiques, d'apprendre le langage de la chimie et de comprendre l'usage que l'on fait de la mole pour résoudre des problèmes.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- Les divers types de réactions chimiques
- Les formules
- La quantité de matière dans les moles
- Les équations chimiques

Remarque. – Dans cette unité et dans les unités suivantes, il faudrait attirer l'attention des élèves sur la quantité physique qui s'appelle *quantité de matière*, et faire le lien entre la *quantité de matière* et le *nombre de moles*. On peut utiliser l'expression *nombre de moles*, mais les élèves doivent se rendre compte qu'il s'agit du calcul de la *quantité de matière*, tout comme le «nombre de pascals» sert au calcul de la *pression* et le «nombre de kelvins» à celui de la *température*. Ainsi, lorsque les élèves doivent résoudre un problème, on leur demande habituellement de trouver la pression ou la température et non de déterminer le nombre de pascals ou de kelvins; de la même manière, il faut leur demander de trouver la quantité de matière et rarement le nombre de moles.

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à comprendre qu'il existe une multitude de différences entre les réactions chimiques (2a);
- b) à s'intéresser à la théorie atomique, laquelle permet d'expliquer les réactions chimiques et la formation de nouvelles substances (3d).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) reconnaître différents types de réactions chimiques, comme la synthèse, la décomposition, le déplacement simple, le déplacement double, la réaction endothermique, la réaction exothermique et l'oxydation simple (par l'oxygène seulement) (2a, 4a, 4b);
- b) écrire la formule et donner l'appellation de certains composés binaires et composés contenant des ions communs, comme les *anions* (halogènes, oxydes, sulfures, hydroxydes, nitrates, chlorates, sulfates, carbonates, phosphates) et les *cations* [ammonium, métaux alcalins, métaux alcalino-terreux et autres éléments, notamment le cuivre (I) le cuivre (II), le fer (II), le fer (III) et l'aluminium] (8d);
- c) résoudre des problèmes nécessitant le calcul : (i) de la quantité de matière des moles, à partir de la masse et de la formule du composé; (ii) du nombre de particules, à partir de la quantité de matière; (iii) de la quantité de matière dans un volume donné de gaz, à partir de la température et de la pression de ce gaz; (iv) de la formule empirique, à partir de la composition massique centésimale; (v) de la formule moléculaire, à partir de la formule empirique et de la masse molaire (2b);
- d) écrire des équations équilibrées de réactions chimiques (3a, 8a);
- e) déterminer des masses ou des volumes pendant des travaux pratiques (2b).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) définir les termes suivants : synthèse, décomposition, déplacement simple, déplacement double, réaction endothermique, réaction exothermique, oxydation simple (par l'oxygène seulement), mole, nombre d'Avogadro, composé binaire, pouvoir de combinaison (valence), produit, réactif, constante des gaz parfaits, masse molaire;
- b) énoncer et utiliser le pouvoir de combinaison (valence) pour écrire des formules à partir du tableau de classification périodique des éléments (8b);
- c) expliquer la différence entre la formule moléculaire et la formule empirique;

- d) connaître les caractéristiques observables d'au moins dix substances dont les réactions ont été étudiées en classe et énoncer l'une des applications de chacune de ces substances (8c).
- e) se rendre compte que les liaisons chimiques jouent un rôle dans l'absorption et la libération d'énergie.

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) effectuer diverses expériences afin d'illustrer au moins quatre types de réactions parmi celles qui ont été mentionnées dans les objectifs, et écrire les équations équilibrées de ces réactions chimiques (5a, 6);
- *b) effectuer une expérience permettant de déterminer le rapport molaire entre produits et réactifs et écrire l'équation équilibrée de la réaction chimique (celle du magnésium dans une solution d'acide chlorhydrique dilué ou celle du cuivre dans une solution de nitrate d'argent, par exemple) (5b, 6).

3. Applications

- a) L'utilisation d'équations équilibrées ou d'équations sémantiques peut aider les élèves à prévoir et à expliquer les réactions chimiques que l'on observe dans la vie de tous les jours ou dans le milieu industriel (la corrosion du fer, par exemple).
- b) Les sportifs font usage de cataplasmes humides qui sont chauffés ou refroidis par réaction exothermique ou endothermique.
- c) La composition chimique des produits d'entretien courants est indiquée sur l'emballage, lequel est intéressant à lire à cet égard.
- d) Depuis que l'on a compris le concept de transposition des atomes dans les molécules, on a pu fabriquer de nouveaux produits synthétiques.

4. Incidences sociales

- a) Les recherches se poursuivent en vue de fabriquer de nouveaux produits synthétiques (matières plastiques, semi-conducteurs et sang artificiel, par exemple) dont la société peut tirer parti.
- b) La société doit trouver des moyens plus sûrs d'éliminer les sous-produits de certaines réactions chimiques effectuées à grande échelle.
- c) Le nom commercial ou l'appellation des produits n'indiquent pas toujours la composition de ces derniers, contrairement au nom chimique. Les mêmes produits se vendent à des prix différents, sous différentes marques (8e).

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 30 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les deux composantes suivantes :

- a) les observations et les notes relatives à des expériences montrant les types de réactions chimiques étudiées au cours de l'activité 2a;
- b) les travaux quantitatifs de laboratoire effectués dans le cadre de l'activité 2b.

6. Mesures de sécurité à envisager

Pour les travaux pratiques, choisir des produits chimiques et des réactions présentant peu de danger.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) effectuer une synthèse quantitative (la production d'oxyde de magnésium, par exemple);
- b) établir la formule empirique d'une substance organique à partir de l'analyse de ses produits de combustion;
- c) écrire des formules à partir d'autres éléments et d'autres ions;
- d) équilibrer des équations de difficulté croissante.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Demander aux élèves d'écrire les équations équilibrées de certaines réactions étudiées au cours des unités précédentes.
- b) Se servir de programmes informatisés pour aider les élèves à écrire des formules.
- c) Les enseignants peuvent demander aux élèves de donner le nom et le symbole des éléments du tableau de classification périodique, au-delà des vingt premiers.
- d) Demander aux élèves de donner le nom et la formule de divers produits d'entretien, à partir des renseignements donnés sur les étiquettes.
- e) En pharmacie, il existe souvent plusieurs noms pour désigner la même substance. Ainsi, l'acétaminophène ($\text{CH}_3\text{CONH-OH}$) se vend sous le nom d'acétaminophène, d'Anacin 3, d'Atasol, de Panadol et de Tylenol. Les élèves peuvent comparer les prix, mais ils doivent se rappeler qu'il faut étudier des produits semblables (ne comparer que les comprimés de 325 mg et non les comprimés à dose normale avec les comprimés à forte dose, par exemple).
- f) On peut mentionner l'importance de certains additifs alimentaires. Les élèves pourraient discuter des mérites de certains produits chimiques (le phosphate de magnésium que l'on ajoute au sel pour l'empêcher de s'agglutiner et le bioxyde de silicone, un additif des préparations à gâteaux, par exemple).

Unité obligatoire n° 5

Les calculs relatifs aux réactions chimiques

Durée : 13 heures

Les substances réagissent chimiquement selon des proportions massiques définies. Cette unité vise à donner aux élèves la possibilité de calculer, à l'aide d'équations chimiques équilibrées, les quantités de réactifs utilisées au cours des réactions chimiques et les produits qui se forment pendant ces dernières.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- Les relations quantitatives dans les réactions chimiques
- Le taux de rendement théorique
- Les équations équilibrées et les rapports de quantités de matière (rapports molaires)

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à se rendre compte que les équations chimiques comportent une mine de données sur les réactions chimiques et que ces données ont été découvertes il n'y a pas très longtemps;
- b) à comprendre que l'on peut avoir recours à différentes méthodes pour calculer les quantités de matière en présence dans une réaction chimique et que ces mesures jouent un rôle très important en sciences (2).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) utiliser des appareils de mesure (balance, cylindre gradué, burette à gaz, baromètre et thermomètre);
- b) calculer des rapports de quantités de matière exprimés en moles (rapports molaires) à partir de données expérimentales afin d'obtenir une équation chimique équilibrée;

- c) déterminer des rapports de quantités de matière exprimés en moles à partir d'équations chimiques équilibrées;
- d) calculer des rapports de masses, de volumes ainsi que de masse et de volume à partir d'équations chimiques équilibrées;
- e) calculer le rendement réel par rapport au taux de rendement théorique à partir d'un ensemble de données et d'une équation chimique équilibrée (4b, 8c).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) définir les termes suivants : rendement réel, rendement théorique, taux de rendement, et rapport de quantités de matière exprimé en moles (2);
- b) analyser les rapports de masse et de volume des réactifs et des produits, tels qu'ils sont représentés par les équations chimiques équilibrées (2);
- c) interpréter des équations chimiques en faisant référence aux moles, aux molécules, aux ions et aux atomes (2).

2. Activités des élèves

Les élèves n'ont pas à refaire l'activité 2b s'ils l'ont déjà effectuée au cours d'une unité précédente. Ils doivent :

- *a) faire réagir un métal avec une solution de sel métallique, puis calculer le rapport molaire et le rapport de masses (5a);
- *b) faire réagir un métal avec un acide dilué, puis déterminer le rapport molaire entre le métal consommé et l'hydrogène produit ainsi que le volume molaire de l'hydrogène (5a, 6, 8b).

3. Applications

- a) Dans l'industrie, on a recours à des calculs chimiques afin de déterminer de quelle quantité de matières premières on a besoin pour la fabrication de divers produits.
- b) On peut calculer les proportions d'air et de carburant nécessaires à la combustion de carburants comme le propane, et à partir de ces données, on peut fabriquer des brûleurs.

4. Incidences sociales

- a) Lorsque divers métaux sont en contact les uns avec les autres, il peut s'ensuivre une réaction qui accélère le processus de corrosion. La corrosion des métaux constitue un problème économique sérieux depuis que les humains ont appris à transformer les métaux.

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

Unité obligatoire n° 6

Les solutions

Durée : 20 heures

- b) L'amélioration du taux de rendement des procédés industriels peut faire augmenter les profits et réduire le gaspillage des ressources. Les excédents de réactifs peuvent être recyclés et le sont d'ailleurs souvent. De plus, on découvre fréquemment de nouveaux usages pour les sous-produits.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 30 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les deux composantes suivantes :

- a) les travaux pratiques quantitatifs;
- b) la résolution de problèmes sur les rapports molaires à partir de la quantité de matière des moles.

6. Mesures de sécurité à envisager

On devrait aviser les élèves que les grandes burettes à gaz sont très fragiles. Il faudrait utiliser des éprouvettes en plastique ou des éprouvettes en verre munies de bagues en caoutchouc.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient concevoir et effectuer une expérience visant à déterminer le rapport de masse de la réaction entre le bicarbonate de soude et l'acide citrique.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Le concept de mole peut servir à la résolution de n'importe quel problème.
- b) Avant d'entreprendre l'activité 2b, on peut donner aux élèves des problèmes à résoudre sur le volume des gaz dans des conditions autres qu'à pression et température normales.
- c) On devrait expliquer aux élèves que la différence entre les taux de rendement théorique et de rendement réel peut servir à démontrer qu'il y a perte de produit lors des manipulations ou lorsqu'une réaction est incomplète.

Les élèves manipulent chaque jour des solutions sans pour autant en connaître les caractéristiques chimiques. Cette unité a pour but de fournir aux élèves l'occasion de se familiariser avec différentes solutions, avec les unités de concentration courantes, les méthodes de manipulation et de préparation des solutions et l'acido-alcalimétrie.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- L'eau
- Les solutions
- La solubilité
- La concentration des solutions
- Les acides et les bases

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à étudier les propriétés des solutés et des solutions que l'on utilise dans la vie de tous les jours, pour être en mesure de s'en servir de manière judicieuse et en toute sécurité (2e, 3b, 4a, 4b, 8d);
- b) à comprendre que l'eau est un solvant dont l'utilisation est très répandue et qu'il est essentiel à la vie (2c, 8a).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) recueillir et interpréter des données qualitatives et quantitatives tirées d'expériences sur les solutions chimiques (2a, 2b, 2d, 2f);

- b) utiliser du matériel volumétrique, par exemple, des cylindres gradués, des pipettes, des burettes et des fioles volumétriques (2b, 2e);
- c) interpréter des données sur la solubilité et les illustrer sous forme de graphique (2d, 3f);
- d) résoudre des problèmes à l'aide d'unités de concentration et de données comme la molarité et la composition massique centésimale (2b, 2d, 2e, 3a, 8b);
- e) réaliser des réactions de neutralisation et d'acido-alcalimétrie (2b);
- f) résoudre des problèmes sur la neutralisation (2b);
- g) préparer des solutions chimiques de façon précise (2b, 2d);
- h) résoudre des problèmes sur la concentration des acides, à partir de la densité et de la composition massique centésimale;
- i) utiliser les règles et tableaux de solubilité pour séparer et identifier des ions inconnus (2f);
- j) écrire des équations ioniques nettes (2a);
- k) classer divers types de réactions chimiques dans la catégorie des réactions acido-basiques ou dans celle des réactions de précipitation (2a).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) décrire l'importance de l'eau en tant que solvant (2c, 3c, 3e, 4a, 4c);
- b) définir les termes suivants : acide, base, neutralisation, pH, soluté, solvant, faible solubilité, grande solubilité, électrolyte fort, électrolyte faible et ion hydraté;
- c) définir les termes suivants et en donner des exemples : solubilité, neutralisation acido-basique, équation ionique, équation ionique nette, ion non participant et précipitation;
- d) appliquer les règles qualitatives de solubilité aux ions représentatifs des groupes I, II et IV à VII, et citer des ions qui ont tendance à former des sels insolubles (2a).

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) étudier des réactions générales entraînant la formation de précipités;
- *b) utiliser un acide dont la concentration est connue pour effectuer un titrage quantitatif d'une base dont la concentration est inconnue;
- c) effectuer des expériences visant à illustrer certaines des propriétés particulières de l'eau et préparer des solutions saturées et non saturées, dont au moins une doit être sursaturée et analysée au moyen du germe cristallin;

- d) après avoir effectué les calculs quantitatifs nécessaires, préparer des solutions de différentes concentrations (comme le sulfate de cuivre dans l'eau) dont l'une devra être vérifiée par colorimétrie (8b);
- e) préparer diverses dilutions d'acides et de bases d'usage domestique et expérimental courant et mesurer le pH de ces solutions;
- *f) identifier expérimentalement un ion «inconnu» (un chlorure, un sulfate ou un hydroxyde), à l'aide d'une épreuve qualitative simple.

3. Applications

- a) On a recours à différentes unités de concentration selon la concentration et la nature des produits étudiés.
- b) La conductivité de l'eau du robinet explique pourquoi il est dangereux d'utiliser un appareil électrique dans un endroit mouillé.
- c) Les acides et les bases servent à la préparation de divers aliments (boissons gazeuses, fromages), de produits d'entretien et d'autres produits importants.
- d) Le point de congélation d'une solution à base d'eau et d'antigel est inférieur à celui de l'une ou l'autre de ces substances à l'état pur.
- e) Le calcul de la concentration des solutions constitue une opération essentielle à la préparation des médicaments et des produits d'entretien ainsi qu'aux procédés industriels de transformation et de raffinage.
- f) Les données sur la solubilité permettent d'extraire les métaux et les non-métaux des minerais.

4. Incidences sociales

- a) Il est difficile de trouver de l'eau potable, car il y a souvent de nombreux contaminants dans les nappes d'eau souterraines (8a).
- b) Comme l'eau est essentielle à la survie de l'être humain, il importe de connaître la nature des matières qui y sont dissoutes, de savoir en quelle quantité elles s'y trouvent et quelles méthodes employer pour les éliminer, c'est-à-dire pour purifier l'eau (8a).
- c) La dilution ou la neutralisation adéquate des solutions dangereuses peut contribuer à la prévention des accidents.
- d) Mélanger certains acides et certaines bases peut être dangereux. Ainsi, le mélange d'un javellisant alcalin au chlore et d'un produit d'entretien acide pour les cuvettes de toilette provoque des émanations toxiques de chlore.
- e) Les précipitations acides et leurs effets sur l'environnement font maintenant l'objet de nombreuses recherches et discussions.
- f) Les acides et les bases peuvent servir à la fabrication de produits connus comme les antiacides, et être employés pour la gravure à l'eau forte.

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 40 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les trois composantes suivantes :

- a) la capacité de déterminer la concentration exacte de la base inconnue dans le cadre de l'activité 2b;
- b) la capacité d'identifier un ion inconnu dans le cadre de l'activité 2f;
- c) les comptes rendus de laboratoire.

6. Mesures de sécurité à envisager

- a) Lors de la sélection des activités des élèves, il faut choisir les produits chimiques avec soin, de manière à ne prendre aucun risque.
- b) En raison de leurs caractéristiques particulières, les acides et les bases doivent être manipulés avec la plus grande précaution.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) discuter des liaisons qui existent entre les molécules de l'eau lorsque celle-ci se trouve à l'état solide, liquide ou gazeux;
- b) étudier la série de réactivité des métaux déplaçant des ions H^+ en solution;
- c) extraire la substance colorante de certaines feuilles ou plantes afin de produire des indicateurs autres que le tournesol;
- d) étudier les effets d'un soluté sur les propriétés d'un solvant (hausse du point d'ébullition, baisse du point de congélation);
- e) effectuer une analyse instrumentale à l'aide d'un pH-mètre ou d'un colorimètre;
- f) effectuer le titrage d'un antiacide;
- g) élaborer un tableau schématique qui servira à consigner les résultats des analyses qualitatives (8c).

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Établir un lien entre la nature de l'eau et ce que les élèves observent ou connaissent (ainsi, l'eau se dilate lorsqu'on la refroidit de $4^{\circ}C$ à $0^{\circ}C$, d'où le fait que l'eau des lacs gèle en commençant par la surface et en allant vers le fond). Discuter des problèmes locaux d'épuration de l'eau.

- b) Demander aux élèves de préparer des solutions après avoir effectué certains calculs (préparation d'un acide ou d'une base de titre connu ou d'une solution saturée, par exemple).
- c) Si un tableau schématique a été élaboré pour la consignation des résultats des analyses qualitatives (voir l'élément complémentaire 7g), amener les élèves à raisonner en synthétisant leur pensée. Fournir des exemples pouvant donner lieu à l'établissement de tableaux schématiques. Si les élèves disposent d'un ordinateur, on devrait les inciter à élaborer un programme à partir d'un tableau de solubilité.
- d) Lorsqu'on traite des incidences sociales, on peut demander aux élèves de discuter du rôle des chimistes dans la production et l'utilisation des produits chimiques et comparer celui-ci aux attentes de la société quant à l'usage et au contrôle de ces produits. La fluoration de l'eau potable, par exemple, suscite une vive controverse.

Unité obligatoire n° 7

L'industrie et la société

Durée : 9 heures

À l'heure actuelle, la science et la technique permettent aux industries chimiques de fabriquer un grand nombre de produits dont la société a besoin. Bien que ces produits présentent des avantages indéniables, les procédés chimiques que l'on applique pour les fabriquer engendrent des sous-produits susceptibles de causer des problèmes d'ordre écologique. Pour circonscrire ces problèmes, nous devons envisager les applications de la science et de la technique en fonction des besoins de la société.

Cette unité a pour but de donner aux élèves l'occasion de prendre conscience de leurs responsabilités sociales dans un monde technique, d'acquérir les connaissances scientifiques et techniques dont ils auront besoin pour prendre de bonnes décisions, et de comprendre le rôle que joue une industrie chimique particulière en fournissant des produits pour satisfaire les demandes de la société.

Pour atteindre les objectifs de cette unité, on peut étudier de nombreuses industries chimiques : l'industrie pharmaceutique, la pétrochimie, l'industrie des pâtes et papiers et la sidérurgie, par exemple. Les élèves doivent consulter l'enseignant ou l'enseignante avant de choisir une industrie en particulier comme objet d'étude.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- Les produits chimiques que l'on fabrique dans une société industrialisée
- Les facteurs influant sur une industrie chimique particulière
- L'emplacement des usines et les problèmes écologiques qui en découlent
- Les ressources humaines

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à comprendre l'influence que la science et la technique exercent sur leur vie quotidienne (3a, 4b, 4e);
- b) à s'engager à bien connaître la méthode scientifique pour être en mesure d'aider la société à prendre des décisions éclairées quant au progrès scientifique (de 4b à 4e, de 8b à 8f);
- c) à se rendre compte que lorsque des décisions d'ordre scientifique et technique sont prises dans la société, l'élément «avantages» entre toujours en jeu (de 4b à 4e, de 8c à 8f);
- d) à se rendre compte que les pays industrialisés, dont le Canada, doivent partager leurs connaissances techniques avec les pays en développement (4e, 8d, 8e);
- e) à éprouver du respect face au rôle de la recherche et du développement scientifiques dans l'industrie (4c, de 8d à 8f);
- f) à utiliser à bon escient les ressources naturelles non renouvelables que recèle le sous-sol (3b, 4b, 4d, 4e, 8d, 8e).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) réaliser des expériences simples ayant trait à l'industrie chimique étudiée (2a, 5a, 8a);
- b) rassembler des données en provenance de diverses sources de référence (5c);
- c) classer des données et rédiger un compte rendu (2b, 5c);
- d) prendre des décisions (2).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) indiquer le nom, la formule, les propriétés et les usages de cinq produits chimiques industriels importants et de cinq produits chimiques d'usage domestique;
- b) expliquer la différence entre des ressources et des réserves et expliquer en quoi les ressources naturelles constituent une source de richesse pour un pays (4b, 5b, de 8d à 8f);
- c) discuter des étapes qui sont obligatoirement franchies, dans le secteur industriel étudié, entre le moment où la recherche commence jusqu'à la fabrication du produit : conception technique, essais en laboratoire et projets pilotes, entre autres (4a, 4c, 5b, de 8c à 8f);
- d) décrire les facteurs qui ont sans doute été pris en considération par le secteur industriel étudié lors de l'implantation de l'usine : sources et transport des matières premières, besoins en énergie, ressources humaines, accès au marché, élimination des déchets, problèmes écologiques et moyens de les résoudre, considérations économiques et autres (5b);
- e) expliquer la différence qui existe entre la science et la technique et leur interdépendance dans l'industrie à l'étude (4c, 5b, 8d, 8e);

- f) discuter du rôle que joue la recherche pour aider l'industrie étudiée à rester concurrentielle sur le marché mondial (4c, 5b, de 8d à 8f).

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) effectuer deux ou trois expériences simples illustrant les propriétés physiques et chimiques de certains produits industriels; choisir dans la mesure du possible des produits utilisés ou fabriqués par l'industrie étudiée (5a, 8a);
- *b) préparer un rapport sur l'industrie étudiée, en particulier sur tous les éléments mentionnés dans le paragraphe sur les connaissances (5c).

3. Applications

- a) Les élèves utilisent des produits résultant de procédés chimiques, que ce soit à la maison, à l'école ou ailleurs. On peut associer certains de ces produits à l'industrie étudiée.
- b) Les sociétés industrialisées utilisent d'importantes quantités de produits chimiques.

4. Incidences sociales

- a) La fabrication de produits chimiques et la mise au point de produits grâce à des procédés chimiques ouvrent de nombreux débouchés professionnels.
- b) Le Canada possède d'abondantes ressources naturelles grâce auxquelles ses habitants jouissent d'un niveau de vie élevé. Les industries chimiques qui transforment ces ressources ont contribué grandement à la richesse de notre pays.
- c) L'essor de l'industrie chimique d'un pays repose en grande partie sur la capacité de ce pays d'innover dans les domaines scientifique et technique. Les activités intensives de recherche et de développement auxquelles se livre l'industrie chimique peuvent aider le Canada à rester concurrentiel sur le marché international.
- d) La population tire des avantages des activités de l'industrie chimique et doit donc contribuer à atténuer les problèmes sociaux et écologiques inhérents à ces activités.
- e) Malgré les avantages qu'il présente, l'essor industriel s'accompagne souvent de remous sociaux et de problèmes écologiques, surtout dans les pays en développement.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 60 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les trois composantes suivantes :

- a) les travaux pratiques;
- b) la participation aux discussions en classe;
- c) les rapports décrits à l'activité 2b.

6. Mesures de sécurité à envisager

Choisir des produits chimiques et des réactions qui présentent le moins de risques possible.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) étudier quelques-uns des liens existant entre certaines industries chimiques importantes (les industries pétrolière et pétrochimique, par exemple);
- b) étudier d'autres industries illustrant les notions étudiées dans le cadre de cette unité (choisir des industries locales dans la mesure du possible);
- c) discuter des problèmes écologiques que l'on associe à l'industrialisation;
- d) discuter des responsabilités qui incombent à l'industrie chimique envers les pays en développement.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) On trouvera ci-dessous des suggestions d'expériences relatives aux différentes industries chimiques pouvant être étudiées dans le cadre de cette unité.

Industrie pharmaceutique. Les élèves peuvent vérifier l'efficacité de certains antiacides vendus dans le commerce. Ils peuvent aussi mesurer la vitesse de dissolution de différents comprimés.

Pétrochimie. Les élèves peuvent étudier la conductivité thermique et la résistance à la traction de certaines matières plastiques, comme la styromousse. Ils peuvent aussi fabriquer de l'acétylène (produit servant de base à de nombreux monomères) à partir de carbure de calcium.

Industrie des pâtes et papiers. Les élèves peuvent vérifier plusieurs caractéristiques du papier. Ils peuvent aussi fabriquer divers types de papier.

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

Sidérurgie. Les élèves peuvent effectuer des expériences sur les propriétés physiques et chimiques du fer et d'autres sur les propriétés physiques de la fonte et de différents types d'acier.

- b) Retracer les étapes de la fabrication d'un article produit par l'industrie chimique (une boîte de conserve, une bouteille de plastique, un verre en styromousse, par exemple).
- c) Les élèves peuvent visiter une usine appartenant à l'industrie chimique étudiée dans cette unité ou toute autre industrie locale pertinente. Ils peuvent étudier les raisons pour lesquelles l'usine s'est établie à cet endroit et tenter de déterminer si elle ferait le même choix aujourd'hui.
- d) Orchestrer des discussions sur les industries chimiques dont la société a besoin et sur les responsabilités des citoyens envers l'environnement, leurs concitoyens et la société dans son ensemble. Il faudrait insister sur les différences existant entre les faits, les attitudes, les valeurs et les responsabilités morales.
- e) Simuler une prise de décision par les habitants d'un pays imaginaire, riche en matières premières exploitables. Tenir compte des facteurs scientifiques, techniques, géographiques, sociaux et économiques.
- f) Les élèves peuvent discuter du fait que ce sont souvent les décisions prises par l'État, l'industrie et les scientifiques qui déterminent quelles sommes d'argent seront consacrées à la recherche et au développement. Les enseignants devraient souligner l'influence que les citoyens peuvent exercer dans ce domaine.
- g) Les enseignants doivent planifier cette unité en collaboration avec le centre de documentation de la bibliothèque de l'école et en avertir le ou la responsable à l'avance afin que celui-ci ou celle-ci puisse mettre de côté les documents pertinents.

Chimie, CPO (SCH0A)

Unités obligatoires

La chimie organique
La structure atomique et
l'architecture moléculaire
L'énergie et la vitesse des
réactions chimiques
L'équilibre – Introduction
L'équilibre – Applications
L'oxydoréduction et
l'électrochimie
Recherches personnelles

(110 heures)

Unité obligatoire n° 1

La chimie organique

Durée : 15 heures

La chimie organique permet de comprendre les organismes vivants et l'environnement. Cette unité a pour but de donner aux élèves l'occasion d'apprendre les formules et la nomenclature des composés organiques, de bien connaître les propriétés des composés organiques, d'étudier les réactions des corps organiques et d'apprendre les principes fondamentaux de la chimie organique qui sont indispensables à l'étude de la biochimie.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- Les hydrocarbures
- Les groupes fonctionnels
- L'hydrogénation, l'halogénéation, l'oxydation et la déshydratation
- La polymérisation
- Les composés aromatiques
- Les propriétés et les utilisations des composés organiques

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à prendre conscience du fait qu'il existe un grand nombre de composés organiques et que ceux-ci jouent un rôle important dans notre vie quotidienne et dans le secteur industriel (3, 8c, 8d);
- b) à se rendre compte que, parmi les produits chimiques, certains sont d'une grande utilité à la société alors que d'autres peuvent être extrêmement dangereux (3, 4, 6d, 6e).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) donner le nom de composés organiques simples à partir de leur formule de structure, principalement selon le système de l'UICPA (Union internationale de chimie pure et appliquée) (5b, 8d);
- b) écrire des formules organiques simples à partir du nom des composés (5b, 8b);
- c) désigner des composés simples par des noms autres que ceux de l'UICPA (5b);
- d) reconnaître certains groupes fonctionnels et leur importance comme sièges de réaction;
- e) déterminer, à l'aide des formules moléculaires, le nombre et la structure des isomères (2c);
- f) effectuer des analyses chimiques pour désigner des hydrocarbures saturés et des hydrocarbures non saturés (2a);
- g) mesurer des chaleurs de combustion (2f).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) définir les termes suivants : substance organique, substance inorganique, isomère, polymère, monomère, polymérisation par addition, polycondensation, composé aromatique, hydrogénation, halogénéation et déshydratation;
- b) nommer, à l'aide du système de l'UICPA, des chaînes et des ramifications latérales comportant jusqu'à dix atomes de carbone pour les alcanes, les alcènes et les alcynes;
- c) dessiner les formules structurales de molécules d'hydrocarbure possédant un, deux ou trois atomes de carbone (5b);
- d) donner le nom et écrire la formule structurale des groupes fonctionnels organiques courants, par exemple, les alcools, les aldéhydes, les cétones, les acides, les esters, les amines et les composés aromatiques simples (3b, 5b);
- e) étudier la formule de certains réactifs et de leurs produits pour déterminer s'il y a eu substitution ou addition (5b);
- f) établir la relation entre l'oxydation et la réduction et la perte ou le gain d'atomes d'hydrogène ou d'oxygène;
- g) connaître les propriétés physiques et chimiques générales ainsi que les utilisations de composés représentatifs des diverses séries de substances étudiées;
- h) comprendre que les molécules organiques fournissent une source d'énergie dans les combustibles fossiles et ceux tirés de la biomasse et dans les réactions biochimiques (2f, 3g, 4g).

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) tester des hydrocarbures à l'aide de solutions alcalines de permanganate de potassium ou d'eau de brome pour déterminer s'ils sont non saturés (6a, 6b);
- b) recueillir et préparer des échantillons d'acétylène et effectuer des expériences en vue d'étudier les propriétés de ce dernier (6a, 6b);
- c) observer et comparer les propriétés de deux isomères organiques (6a, 6b);
- d) choisir les réactifs (éthanol et acide butanoïque) qui permettront de synthétiser un ester particulier (3d, de 6a à 6c);
- e) préparer un polymère par condensation (4e, 6d);
- *f) mesurer la chaleur de combustion de l'éthanol et celle de la cire de paraffine (bougie), puis les comparer.

3. Applications

- a) Les hydrocarbures sont utilisés comme combustibles. L'essence est un mélange d'hydrocarbures.
- b) Le noyau benzénique entre dans la structure de nombreux composés. Les diluants pour laque sont fabriqués à partir du toluène.
- c) L'éthanol entre dans la composition de toutes les boissons alcoolisées. L'acétone sert à la fabrication des ciments plastiques et des solvants de résine. On emploie parfois une solution de formaldéhyde comme agent de conservation biologique ainsi que pour la polymérisation.
- d) On ajoute des esters aux aliments pour en rehausser l'arôme et le goût.
- e) Des produits courants comme le polyéthylène, le polychlorure de vinyle, le polystyrène, le téflon et le caoutchouc synthétique sont des polymères d'addition.
- f) On sature les huiles végétales par hydrogénation afin de produire des graisses qui peuvent remplacer les produits laitiers.
- g) Les composés du carbone, comme les protéines et les hydrates de carbone, jouent un rôle dominant dans la chimie des organismes vivants.
- h) La chimie organique joue un rôle clé dans la fabrication de nombreux produits pharmaceutiques.

4. Incidences sociales

- a) La société moderne compte sur la fabrication industrielle des produits chimiques organiques comme les suppléments alimentaires, les produits pharmaceutiques, les engrais, les pièces d'automobile, les tissus, les teintures et les produits de beauté. Le Canada en fabrique d'ailleurs beaucoup. Des spécialistes doivent effectuer des recherches approfondies pour découvrir, tester et fabriquer ces produits chimiques organiques.
- b) Bon nombre de composés organiques ont des effets toxiques. Ainsi, le benzène et le formaldéhyde sont cancérogènes. L'éthanol et le méthanol ont également des effets physiologiques néfastes, bien que d'un autre ordre, sur le corps humain. Certaines substances chlorées (le DDT et les BPC, par exemple) sont très toxiques et menacent l'environnement. Le défi à relever : trouver des produits qui remplaceront ces substances.
- c) Le plomb de tétraéthyle que l'on ajoute à l'essence améliore le rendement du moteur, mais il augmente le prix du carburant et pollue l'environnement.
- d) Les aromatisants artificiels plutôt que naturels utilisés dans les aliments provoquent des réactions allergiques chez certaines personnes.
- e) De nombreux polymères ne sont pas biodégradables et leur production crée donc des problèmes d'élimination des déchets.
- f) Il faut concevoir et exploiter d'autres sources d'énergie pour économiser le pétrole et le gaz naturel.
- g) Les produits pharmaceutiques soulagent la douleur, mais leur utilisation doit cependant être surveillée; en effet, s'ils sont utiles, ils ont aussi des effets secondaires (l'aspirine, par exemple).
- h) La chimie a permis à la société moderne de tirer parti d'innombrables substances organiques.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 30 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les deux composantes suivantes :

- a) les comptes rendus de laboratoire;
- b) les travaux portant sur les appellations et les formules chimiques.

6. Mesures de sécurité à envisager

- a) Garder les composés organiques éloignés de toute flamme. S'assurer que la pièce soit bien aérée lorsque les élèves utilisent des gaz ou des liquides volatils.
- b) Les déchets organiques devraient être jetés dans des poubelles distinctes.

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

Unité obligatoire n° 2

La structure atomique et l'architecture moléculaire

Durée : 13 heures

- c) Prendre les précautions d'usage lorsque les élèves se servent d'acide sulfurique concentré ou qu'ils font brûler des combustibles. Se servir d'un bain-marie pour chauffer les mélanges réactifs d'alcools et d'acides organiques. Faire preuve de prudence si les élèves se tiennent près d'une flamme non protégée.
- d) Préparer les polymères sous une hotte.
- e) Avertir les élèves que de nombreux hydrocarbures halogénés sont toxiques.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) distiller des sables bitumineux à la vapeur;
- b) utiliser des modèles pour étudier la structure de certaines molécules simples;
- c) écrire la formule structurale des isomères C_6H_{14} , C_6H_{12} et C_6H_{10} et étudier les isomères cis et trans;
- d) préparer un savon ou un détergent;
- e) synthétiser et purifier un composé organique tel que l'aspirine ou l'acide benzoïque et procéder à un test de pureté;
- f) démontrer la synthèse du nylon 66;
- g) effectuer une étude comparative du thermdurcissement chez les polymères, les thermoplastiques et les élastomères.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Pendant toute cette unité, utiliser si possible des modèles pour illustrer les notions présentées.
- b) Réviser les liaisons chimiques, les formules de Lewis et les formules structurales.
- c) Discuter des raisons pour lesquelles il existe tant de composés organiques.
- d) Demander aux élèves de reconnaître les composés organiques figurant sur l'étiquette de certains produits d'entretien et de certains aliments, d'écrire la formule chimique de leurs divers composants et d'indiquer la raison probable pour laquelle le produit en contient.
- e) Il est intéressant de noter que la production à grande échelle de l'acétylène a commencé au Canada. C'est aussi au Canada que le kérosène a été mis au point. Le premier puits de pétrole exploité commercialement se trouvait à Oil Springs, en Ontario. Certains élèves pourraient approfondir ces questions et préparer un exposé.

L'environnement se compose de gaz, de liquides et de solides. L'étude des gaz nous révèle les types de liaisons présents à l'intérieur des molécules, tandis que celle des liquides et des solides nous aide à comprendre les interactions existant entre les molécules ou les ions des corps solides. Cette unité a pour but de donner aux élèves l'occasion de passer en revue les liaisons des corps à l'état gazeux et d'analyser les différents types de forces qui assurent la cohésion des liquides et des solides.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- Les propriétés des substances
- Les liaisons des gaz, des liquides et des solides
- La structure atomique
- La structure moléculaire

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à accepter les changements dont font l'objet les théories scientifiques, comme l'illustre l'évolution de la théorie atomique au fil des ans (8b);
- b) à se rendre compte que les théories scientifiques expliquent et prédisent certaines des propriétés des gaz, des liquides et des solides (2a, 5a, 8a);
- c) à se rendre compte que la cohésion des substances est assurée par des forces intermoléculaires et intramoléculaires.

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) trouver les conditions dans lesquelles une liaison est essentiellement covalente ou ionique (2);

- b) utiliser les énergies d'ionisation ou les électronégativités pour reconnaître les molécules polaires;
- c) à l'aide du tableau de classification périodique des éléments, prévoir quels éléments sont les plus susceptibles de constituer des solides cristallins ou des solides moléculaires (2b, 3a);
- d) prédire la forme ou la structure de molécules simples à l'aide d'une théorie des liaisons, comme la théorie de la répulsion des paires d'électrons de valence (2a).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) dresser la liste de certaines propriétés observées chez des éléments et chez des composés dont les éléments sont représentatifs des divers groupes du tableau de classification périodique (2, 8a, 8c);
- b) expliquer les propriétés de certaines substances à l'aide des notions suivantes : (i) forces de Van der Waals, (ii) forces dipolaires, (iii) liaisons ioniques, (iv) liaisons métalliques, (v) liaisons hydrogène (5b);
- c) expliquer les excellentes propriétés de solvant que possède l'eau en raison de sa polarité (2b, 8d);
- d) déterminer quels sont les éléments du tableau de classification périodique qui forment des solides ou des liquides essentiellement grâce à la cohésion assurée par les forces de Van der Waals, et expliquer pourquoi (2a, 3d);
- e) décrire les formes et les liaisons que l'on trouve dans les solides cristallins à deux ou à trois dimensions et mettre ces liaisons en rapport avec la dureté et la conductivité électrique de chaque solide (de 3a à 3c, 3e, 4a, 5b);
- f) définir les termes suivants : molécule polaire, molécule non polaire, forces de Van der Waals, solide cristallin, solide moléculaire, liaison métallique, liaison ionique, liaison hydrogène;
- g) indiquer la force relative des diverses liaisons;
- h) décrire l'évolution de la théorie atomique, depuis Aristote jusqu'à l'élaboration de la théorie de la mécanique quantique;
- i) expliquer la différence existant entre la théorie atomique de Rutherford et Bohr et celle qui repose sur la mécanique quantique;
- j) écrire la configuration électronique ($1s^2 2s^2 2p^1$, par exemple) des vingt premiers éléments et la représenter au moyen d'un diagramme orbital;
- k) trouver les orbitales de liaison et la forme moléculaire des molécules de fluorure et d'hydruure du deuxième rang (2a);
- l) mettre les liaisons métalliques en rapport avec le remplissage des orbitales et l'énergie d'ionisation (5b);
- m) décrire les différences et les similitudes entre les liaisons métalliques et les liaisons atomiques (2b, 5b).

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) effectuer des expériences pour analyser et comparer les propriétés des liquides et des solides que l'on peut expliquer par les divers types de liaisons (3a, 3b, 8a);
- *b) écrire les formules structurales de certaines molécules covalentes et construire un modèle tridimensionnel de ces molécules (8d).

3. Applications

- a) Le diamant, que l'on utilise dans les trépan, possède une dureté qui s'explique par sa structure tridimensionnelle, appelée réseau cristallin. On fabrique les diamants industriels en soumettant le carbone à une température et à une pression élevées, et ce en présence généralement d'un catalyseur.
- b) Le graphite est un solide cristallin bidimensionnel dont on se sert comme lubrifiant sec dans les moteurs soumis à des températures élevées, car il est mou et glisse bien.
- c) Les propriétés physiques des métaux changent considérablement lorsqu'on introduit des impuretés. Par exemple, si l'on ajoute du carbone à de l'acier, on le rend plus cassant et moins ductile, car le glissement des couches est modifié.
- d) Certaines substances dont les molécules ne sont retenues entre elles que par les forces de Van der Waals (glace carbonique ou hélium liquide, par exemple) ont un point de fusion très bas et constituent ainsi d'excellents réfrigérants à basse température.
- e) Des impuretés, même présentes à l'état de traces, peuvent modifier la conductivité électrique. C'est ainsi que l'arsenic peut faire du silicium un semi-conducteur.

4. Incidences sociales

- a) La compréhension de la structure moléculaire a permis la mise au point des semi-conducteurs et d'autres produits possédant les propriétés dont on avait besoin pour concevoir les ordinateurs et divers autres appareils électroniques.
- b) La connaissance de la structure moléculaire a permis aux spécialistes de la chimie organique de déterminer la forme de certaines molécules simples et complexes (alcools, ADN et ARN, par exemple), ce qui a amené des progrès dans le domaine du génie génétique.

*Voir la sous-section intitulée « Activités des élèves », page 5.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 30 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les deux composantes suivantes :

- a) les observations et les explications notées dans le compte rendu de laboratoire de l'activité 2a;
- b) un court exposé ou une composition écrite traitant d'un aspect particulier des liaisons (le développement de l'un des objectifs ou d'un thème des « Incidences sociales », « Applications » ou « Éléments complémentaires » de cette unité, par exemple).

6. Mesures de sécurité à envisager

Dans cette unité, les mesures de sécurité à prendre sont fonction des réactions choisies pour l'activité 2a.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) étudier la notion d'hybridation;
- b) étudier la structure cristalline des métaux en fonction des liaisons;
- c) discuter des anomalies de l'eau;
- d) analyser le rôle de la résonance magnétique nucléaire, de la spectroscopie infrarouge et de la diffraction des rayons X, afin de comprendre encore mieux la structure des substances;
- e) discuter des orbitales d et f.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Souligner la relation entre les propriétés observées des substances et les genres de liaisons postulées afin d'expliquer les propriétés chimiques.
- b) Souligner l'utilité et les limites des théories et des modèles scientifiques.
- c) Dans tous les travaux portant sur le remplissage des orbitales et les structures, établir le lien avec la position de l'élément dans le tableau de classification périodique.
- d) Projeter des films pour illustrer la polarité des liaisons, la structure des cristaux et le procédé de spectroscopie moléculaire.

Unité obligatoire n° 3

L'énergie et la vitesse des réactions chimiques

Durée : 20 heures

Toutes les réactions chimiques s'accompagnent de variations d'énergie. Cette unité doit donner aux élèves l'occasion de déterminer les chaleurs de réaction et de comprendre comment divers facteurs influent sur la vitesse de réaction.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- L'enthalpie
- L'additivité des chaleurs de réaction et la conservation de l'énergie
- L'énergie physique, chimique et nucléaire
- La vitesse de réaction
- La théorie des collisions et les diagrammes d'énergie d'activation
- Les réactions nucléaires

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à comprendre que la variation de la quantité d'énergie est l'une des caractéristiques les plus importantes de toutes les réactions chimiques;
- b) à se rendre compte que dans l'industrie, dans l'environnement et à l'intérieur d'un organisme vivant, les réactions se produisent à une vitesse donnée, qui est déterminée par un ensemble défini de facteurs (3a, 3b, 4c).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) se servir des instruments de mesure suivants : thermomètres, cylindres gradués et balances;

- b) calculer la chaleur de réaction à partir d'un ensemble de données calorimétriques (2a);
- c) calculer la chaleur de réaction et les quantités de matière participant à une réaction, au moyen des rapports exprimés par une équation chimique équilibrée (5b, 8);
- d) calculer la chaleur de réaction par sommation à partir des équations appropriées et de leur chaleur de réaction (4a, 4b, 5b);
- e) calculer la chaleur de réaction à l'aide des tableaux normalisés de chaleurs de formation (5b);
- f) interpréter des données représentées sur des graphiques de température ou de concentration en fonction du temps de réaction (2b, 5c).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) définir les termes suivants : énergie (exothermique, endothermique, enthalpie), variation d'enthalpie ou chaleur de réaction, loi de Hess (un exemple de la loi de conservation de l'énergie), chaleur étalon de formation, translation, vibration et rotation moléculaires, enthalpie moléculaire, enthalpie molaire, vitesse de réaction, mécanisme de réaction, énergie d'activation, complexe activé, stade qui règle la vitesse de réaction, catalyseur;
- b) expliquer comment l'énergie s'entrepasse dans les molécules, en fonction de l'énergie potentielle et de l'énergie cinétique (3a, 3c);
- c) établir le lien entre la chaleur de réaction et la variation de l'enthalpie au moment où la réaction chimique transforme les réactifs en produits (2a);
- d) en s'appuyant sur la théorie des collisions, expliquer comment divers facteurs font varier la vitesse de réaction (2b);
- e) comparer les quantités d'énergie nécessaires aux transformations physiques, chimiques et nucléaires (3c, 4d);
- f) interpréter des diagrammes d'énergie potentielle (5b);
- g) comparer la réaction de fusion et la réaction de fission (3c);
- h) équilibrer des équations nucléaires simples (5b).

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) effectuer une expérience pour illustrer la loi de Hess, comme la réaction se produisant entre l'hydroxyde de sodium et l'acide chlorhydrique;
- *b) déterminer l'effet de la température, de la concentration et de la catalyse sur la vitesse de réaction (5c).

3. Applications

- a) L'énergie est libérée lentement des aliments; celle des combustibles se dégage rapidement mais de façon contrôlée, et celle des explosions, rapidement et de façon anarchique. Les applications des réactions chimiques dépendent souvent de la vitesse à laquelle l'énergie est libérée.
- b) On utilise des catalyseurs dans de nombreux procédés industriels (le procédé Haber, par exemple) pour accroître la vitesse de formation des produits de réaction.
- c) Grâce au réacteur CANDU, les réactions nucléaires produisent une part importante de notre électricité.
- d) Grâce à l'électrolyse, on peut employer de l'hydrogène pour emmagasiner l'énergie fournie par une autre source sous une forme plus facilement transportable. La gazéification du charbon est utile pour cette même raison.
- e) La thermochimie et la cinétique chimique ouvrent des débouchés professionnels aux chimistes et aux ingénieurs chimistes.

4. Incidences sociales

- a) Le procédé de gazéification du charbon exige un apport d'énergie. On doit tenir compte de la quantité d'énergie requise lorsqu'on calcule l'énergie nette que contient le produit combustible fini.
- b) Bien que l'on puisse calculer de manière théorique les chaleurs de réaction, on ne peut se servir de cette énergie en totalité dans la réalité, car la conversion provoque une certaine perte d'énergie.
- c) Même si les additifs (le tétraéthyle de plomb, par exemple) augmentent l'indice d'octane de l'essence en modifiant la vitesse de combustion, il faut tenir compte des effets de leur emploi sur l'environnement.
- d) La production d'électricité à partir de réactions nucléaires a des répercussions heureuses, et d'autres néfastes.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 40 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les trois composantes suivantes :

- a) les comptes rendus de laboratoire et les aptitudes manifestées lors des expériences;
- b) la résolution de problèmes;
- c) l'interprétation de données graphiques.

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

6. Mesures de sécurité à envisager

Les mesures de sécurité à prendre sont fonction des réactions choisies par les enseignants.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) étudier les chaleurs de réaction en fonction de l'énergie de dissociation des liaisons;
- b) rechercher les enzymes qui sont actives dans divers systèmes biochimiques;
- c) faire des recherches sur l'utilisation d'inhibiteurs dans les réactions chimiques.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Dans ce cours, l'unité normale ou pratique exprimant les quantités d'énergie est le kilojoule. Dans les calculs relatifs aux autres quantités physiques comme la pression, le volume et la quantité de matière, on exprimera les quantités d'énergie en joules.
- b) Cette unité ainsi que les suivantes devraient servir à illustrer l'analyse dimensionnelle. Les élèves devraient pouvoir démontrer que les unités SI qui forment le membre droit d'une équation correspondent exactement à celles du membre gauche.

Unité obligatoire n° 4

L'équilibre – Introduction

Durée : 12 heures

Pour aborder la chimie de façon quantitative, il faut étudier l'équilibre chimique. Cette unité présente la notion d'équilibre en fonction de la phase gazeuse; plus loin pendant le cours, on mettra l'accent sur les solutions aqueuses. Le but de cette unité est de donner aux élèves la possibilité d'analyser les principes des systèmes en équilibre et de résoudre des problèmes relatifs à la loi de l'équilibre chimique.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- L'équilibre – nature dynamique
- Les systèmes en équilibre – principe de Le Châtelier
- Les systèmes en équilibre – aspects quantitatifs

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à comprendre qu'il est possible de s'appuyer sur des théories et des principes pour expliquer l'équilibre chimique (4);
- b) à s'intéresser aux facteurs qui déterminent l'état d'équilibre de divers systèmes et à les analyser (2a, 2b).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) prédire les résultats des expériences à effectuer (2a, 2b, 2d);
- b) classer des données obtenues au cours des expériences (2a, 2b);
- c) faire des généralisations à partir d'un ensemble de données (2a, 2b);
- d) reconnaître un système qui est en équilibre et appliquer les principes en cause à d'autres systèmes (2b);

- e) résoudre des problèmes qualitatifs en s'appuyant sur le principe de Le Châtelier (5b);
- f) résoudre des problèmes qualitatifs et quantitatifs portant sur des constantes d'équilibre K_e (5b).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) définir les termes suivants : principe de Le Châtelier, système homogène, système hétérogène, système fermé, loi de l'équilibre chimique, équilibre dynamique, entropie;
- b) énumérer les conditions dans lesquelles il y a équilibre chimique (2a);
- c) énoncer le principe de Le Châtelier et l'appliquer à des systèmes en équilibre (5b, 8b);
- d) définir et utiliser la constante d'équilibre (5b, 8b);
- e) étudier la tendance des réactions à atteindre un équilibre correspondant à une quantité minimale d'énergie et à une entropie maximale (8a).

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) établir les conditions d'équilibre et la nature dynamique de l'équilibre en observant l'effet de la température ou de la concentration sur un système en équilibre (3b, 8c);
- b) montrer les effets qu'ont des variations de pression et de température sur un système type en équilibre comme :

$$\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(g)} \quad (3b);$$
- c) faire la démonstration de systèmes ouverts et de systèmes fermés (3a, 3b);
- d) montrer que les réactions se produisant dans un système se terminent lorsqu'on enlève les produits de réaction.

3. Applications

- a) Si l'on comprend les principes d'équilibre, on peut expliquer comment les océans exercent un contrôle sur la quantité de gaz carbonique présente dans l'atmosphère et pourquoi les boissons gazeuses perdent leur effervescence lorsque le contenant reste ouvert.
- b) On applique les principes d'équilibre dans l'industrie (dans le procédé Haber de production de l'ammoniac, par exemple) afin d'accélérer la vitesse de réaction et d'accroître le rendement du produit.

4. Incidences sociales

Si l'on met en application ce que l'on sait sur les principes d'équilibre, on peut fabriquer des produits chimiques à grande échelle, et ce, de façon rentable. On pourra citer à ce sujet quelques exemples d'industries locales.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 30 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les deux composantes suivantes :

- a) les comptes rendus de laboratoire;
- b) la résolution de problèmes.

6. Mesures de sécurité à envisager

Les précautions à prendre dans cette unité sont fonction des réactions choisies dans le cadre des activités.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) étudier des données sur la pression et la température utilisées dans un procédé commercial (le procédé Haber de fabrication de l'ammoniac, par exemple), et déterminer les conditions optimales de production;
- b) déterminer expérimentalement la valeur d'une constante d'équilibre.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Traiter brièvement de la notion d'entropie.
- b) Éviter toute analyse quantitative des lois relatives à la vitesse de réaction lors de la détermination de la constante d'équilibre.
- c) Les élèves devraient étudier l'équilibre

$$\text{Fe}^{3+}_{(aq)} + \text{SCN}^{-}_{(aq)} \rightleftharpoons \text{FeSCN}^{2+}_{(aq)}$$
 au cours des expériences. Les enseignants peuvent aussi en faire la démonstration et demander aux élèves d'en discuter.

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

Unité obligatoire n° 5

L'équilibre – Applications

Durée : 18 heures

Cette unité constitue la suite logique de l'unité n° 4. Les élèves auront la possibilité d'étudier l'équilibre au niveau de ses applications à la constante des produits de solubilité et aux réactions acido-basiques.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- L'équilibre de solubilité – expressions de K_{sp}
- Les bases et les acides aqueux
- La neutralisation

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à comprendre que l'analyse chimique demande une très grande précision (2a, de 2c à 2e);
- b) à aborder de façon critique et à remettre en question les diverses définitions des acides et des bases.

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) classer des résultats obtenus au cours d'expériences (2a, de 2c à 2e);
- b) diluer des solutions (2a, 2d);
- c) résoudre des problèmes quantitatifs faisant intervenir le pH et plusieurs constantes d'équilibre, dont K_{sp} , K_a , et K_w (2a, 2d, 2e, 5b);
- d) choisir des indicateurs pour effectuer des titrages acide-base (de 2c à 2e).

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) définir les termes suivants : produit de solubilité, sel, électrolyte, indicateur de pH, neutralisation, hydrolyse des sels, acide et base selon Arrhenius, Bronsted-Lowry et Lewis;
- b) expliquer l'équilibre $\text{HOH}_{(l)} \rightleftharpoons \text{H}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$;
- c) définir et employer les termes suivants : K_{sp} , K_a , K_w et pH (2a, 2d, 2e);
- d) réviser les techniques de titrage pour déterminer la concentration de solutions acides ou basiques inconnues;
- e) décrire la marche à suivre pour déterminer le pH d'aliments et de produits d'entretien courants (3b);
- f) expliquer pourquoi le pH de certaines solutions salines n'est pas 7 et vérifier l'explication fournie à l'aide d'autres solutions salines;
- g) déterminer si l'on peut se fier aux règles de solubilité qualitative et aux valeurs de K_{sp} pour prédire la formation d'un précipité.

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) déterminer une valeur de K_{sp} au cours d'une expérience;
- b) déterminer par une expérience l'effet des variations de la concentration de $[\text{H}^+]$ et de $[\text{OH}^-]$ sur un système en équilibre;
- c) calculer les variations du pH durant les titrages et tracer un graphique du pH en fonction du volume d'acide et de base utilisé;
- d) déterminer au cours d'une expérience la valeur de K_a d'un acide faible, à l'aide d'indicateurs ou d'un pH-mètre;
- e) titrer un acide ou une base à l'aide de solutions primaires normalisées (2c).

3. Applications

- a) Ce que l'on sait sur la chimie des acides et des bases permet de comprendre les précipitations acides et de trouver les moyens de corriger le problème.
- b) On se sert de l'analyse quantitative des acides et des bases pour contrôler la qualité des produits dont le rendement dépend en grande partie du pH.
- c) Il faut régler le pH de l'eau des piscines pour que celle-ci soit de bonne qualité.

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

4. Incidences sociales

- a) En comprenant mieux la chimie des acides et des bases du corps humain, on peut perfectionner les techniques médicales ainsi que la qualité des aliments, des médicaments et des produits de beauté.
- b) Les scientifiques comprennent assez bien la chimie des précipitations acides, mais la résolution du problème fait intervenir des jugements de valeur. Bon nombre de structures de marbre et de calcaire ainsi que les forêts et les lacs sont touchés par ce phénomène.

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 30 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les deux composantes suivantes :

- a) les comptes rendus de laboratoire;
- b) les résultats des expériences effectuées dans le cadre de l'activité 2a.

6. Mesures de sécurité à envisager

Les élèves devraient porter des lunettes de protection lorsqu'ils se servent d'acides et de bases.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) déterminer la présence d'ions métalliques à l'aide des valeurs de K_{sp} ;
- b) effectuer des expériences permettant de déterminer et de comparer les chaleurs de réaction de diverses réactions de neutralisation.

8. Quelques méthodes d'enseignement

Les éléments complémentaires de cette unité doivent surtout se composer de travaux de laboratoire plutôt que de problèmes mathématiques.

Unité obligatoire n° 6

L'oxydoréduction et l'électrochimie

Durée : 20 heures

L'électrochimie trouve de nombreuses applications dans la vie quotidienne. Cette unité a pour but de donner aux élèves la possibilité de comprendre la terminologie utilisée en électrochimie et les applications de cette dernière ainsi que la façon dont on peut prédire des résultats à partir d'une théorie.

Cette unité peut comporter les sujets suivants :

- ▶ La terminologie de l'électrochimie
- ▶ Les réactions et les tensions standard de demi-cellule E^0
- ▶ La prévision des réactions d'oxydoréduction
- ▶ Les nombres d'oxydation
- ▶ Les procédés électrolytiques
- ▶ L'équilibrage des équations d'oxydoréduction et des rapports quantitatifs
- ▶ Les incidences sociales des réactions d'oxydoréduction

1. Objectifs

Attitudes. Les élèves seront amenés :

- a) à prendre conscience de la fréquence des réactions d'oxydoréduction dans la vie quotidienne (4a, 4b);
- b) à s'engager à perfectionner au laboratoire les aptitudes manuelles qui sont essentielles pour obtenir des résultats quantitatifs au cours de recherches scientifiques (2a, 2b).

Aptitudes. Les élèves auront la possibilité d'acquérir des aptitudes grâce auxquelles ils pourront :

- a) fabriquer des piles électrochimiques et mesurer les tensions produites (2a, 5a);

- b) à l'aide de données expérimentales, classer des agents de réduction et d'oxydation selon leurs forces relatives (2a);
- c) fabriquer des cellules électrolytiques (2a, 2b);
- d) équilibrer des équations chimiques à l'aide de demi-réactions;
- e) prédire la spontanéité des réactions d'oxydoréduction à l'aide des tensions de demi-cellule (2a);
- f) évaluer la tension minimale requise pour effectuer diverses expériences de galvanoplastie.

Connaissances. Les élèves devraient pouvoir :

- a) définir les termes suivants relatifs à l'oxydoréduction : oxydation, état d'oxydation, réduction, oxydant, réducteur, nombre d'oxydation, spontanéité, tension, oxydoréduction, anode, cathode, électrolyte, électrolyse, réaction électrochimique, flux électronique, demi-cellule, pont électrolytique, pile électrochimique, cellule électrolytique;
- b) définir le nombre d'oxydation et exposer les règles permettant de le déterminer;
- c) équilibrer des réactions d'oxydoréduction pour la masse et la charge, en fonction des réactions de demi-cellule utilisées;
- d) décrire les processus qui se déclenchent lorsqu'on utilise un courant électrique pour produire des réactions chimiques (2b, 2c);
- e) énumérer les applications commerciales des piles électrochimiques et de l'électrolyse (2c);
- f) énumérer les conditions dans lesquelles se produit la corrosion et expliquer les méthodes permettant de la prévenir (3b).

2. Activités des élèves

Les élèves doivent :

- *a) préparer des piles électrochimiques, dont une comportant un pont électrolytique, et noter leur tension (6, de 8a à 8d);
- *b) préparer une cellule électrolytique simple et analyser les résultats de la galvanoplastie (3d, 4a, 6a, 6d);
- *c) préparer une dissertation sur la production industrielle par électrolyse d'une substance particulière et indiquer les avantages et les risques que présente sa fabrication (3e, 3f, 4b, 4c, 5b).

3. Applications

- a. Les réactions spontanées d'oxydoréduction qui se produisent dans un accumulateur fournissent une énergie utile.
- b. La prévention de la corrosion des métaux (ceux entrant dans la fabrication des voitures et des gouttières, entre autres) est un exemple d'exploitation utile des réactions d'oxydoréduction.

- c) L'énergie alimentant les voitures électriques est produite par des réactions d'oxydoréduction.
- d) L'affinage électrolytique des métaux, la galvanoplastie en général et l'extraction des métaux contenus dans les minerais sont des processus industriels courants qui exigent de l'énergie, car ils inversent les réactions d'oxydoréduction spontanées.
- e) Dans certaines situations, la façon la plus simple d'obtenir des éléments des groupes I et VII est par électrolyse.
- f) On peut obtenir de l'eau pure à partir d'eau salée grâce à un procédé appelé électrodialyse.

4. Incidences sociales

- a) Les procédés électrolytiques (la galvanoplastie, la production de l'aluminium, du magnésium et du sodium, l'affinage du cuivre, la synthèse de l'hydroxyde de sodium et de l'hypochlorite de sodium, par exemple) nous procurent de nombreux produits utiles.
- b) Certaines grandes industries canadiennes se servent de l'électrolyse pour extraire des métaux particuliers des minerais (par exemple, les alliages de magnésium et d'aluminium pour l'aviation, le titane et d'autres métaux rares pour l'aéronautique, des métaux pour certaines prothèses comme les broches spinales et les articulations).
- c) La société a besoin d'un grand nombre des produits de réactions électrochimiques et électrolytiques; il faut cependant que les entreprises et les consommateurs s'efforcent de résoudre les problèmes que posent les déchets et les sous-produits dangereux résultant de leur fabrication.
- d) L'électrolyse est un procédé qui consomme beaucoup d'énergie. Pour déterminer le bénéfice réel que la société tire des produits de l'électrolyse, il faut évaluer celui-ci par rapport à la forte consommation d'énergie qu'exige la fabrication de ces produits.
- e) Certains problèmes surviennent à cause de la spontanéité des réactions électrochimiques, dont quelques-unes peuvent être «retardées» par des procédés industriels (la galvanisation des clous, par exemple).

5. Évaluation du rendement des élèves

Pour cette unité, au moins 40 pour 100 de la note cumulative des élèves doit se fonder sur les deux composantes suivantes :

- a) la fabrication de piles électrochimiques et de cellules électrolytiques, la mesure de tensions et la consignation des données;
- b) les discussions ou comptes rendus écrits sur les avantages industriels des procédés chimiques d'oxydoréduction et sur les problèmes que ceux-ci posent à la société.

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

6. Mesures de sécurité à envisager

- a) Insister auprès des élèves pour qu'ils se servent avec précaution des solutions et de l'équipement électrique (pour prévenir la détérioration des électrodes, les dangers liés au câblage électrique et les risques d'électrocution, entre autres). On peut ainsi afficher le slogan «Ne touchez pas aux bornes!».
- b) Les élèves devraient faire particulièrement attention à l'acide sulfurique des accumulateurs au plomb.
- c) Ne pas monter des demi-cellules dégageant des vapeurs ou des sous-produits nocifs (gaz d'halogène, de mercure et de soufre, par exemple).
- d) Lorsque les élèves utilisent des appareils d'alimentation, veiller à ce qu'ils ne dépassent pas la tension correcte. Les avertir qu'il faut débrancher la source de courant en tirant sur la fiche plutôt que sur le fil.

7. Éléments complémentaires

Certains élèves pourraient :

- a) étudier et préparer d'autres combinaisons et demi-cellules;
- b) effectuer un titrage par oxydoréduction;
- c) étudier les effets d'une variation de température sur les piles chimiques et discuter de leurs conséquences;
- d) effectuer un travail de recherche sur les piles à combustible, les piles au lithium et les piles rechargeables.

8. Quelques méthodes d'enseignement

- a) Indiquer ce qui se produit dans les deux béchers distincts (demi-cellules) et discuter de la fonction du pont électrolytique. Les déductions que l'on pourra faire quant à cette fonction peuvent être abordées du point de vue de «la tendance des machines à s'user». On pourra par la suite dresser une liste plus détaillée de définitions des termes relatifs à l'oxydoréduction.
- b) Demander aux élèves d'étendre leurs conclusions à des calculs quantitatifs. La discussion devrait être axée sur les diverses applications des concentrations de demi-cellule dans l'industrie, dont les concentrations qui fonctionnent et celles qui ne fonctionnent pas et le choix opportun des demi-cellules de métaux et sels métalliques.
- c) Dans cette unité, on met l'accent non sur la résolution d'équations d'oxydoréduction difficiles, mais sur la capacité des élèves de suivre le flux électronique pendant le processus. À ce stade, il n'est pas nécessaire d'aborder les ions complexes, les milieux acides ou basiques ni l'énergie libre (travail d'extraction).
- d) Au moins une fois au cours de l'unité, évaluer les aptitudes des élèves à faire une manipulation. Pour cette évaluation, les enseignants peuvent observer un travail d'expérimentation que les élèves font en classe et auquel ils accorderont l'une ou l'autre des cotes «excellent», «bon» et «passable». Le but de cette évaluation est d'amener les élèves à comprendre qu'il est difficile d'obtenir des résultats quantitatifs précis.
- e) Organiser une discussion sur certains produits chimiques, leur utilité et les dangers qu'ils présentent. Souligner les pressions qu'exerce la société pour avoir ces produits, même si elle en connaît les dangers. Discuter également du rôle des chimistes travaillant dans des laboratoires et de celui des industriels qui mettent au point des produits utiles en se fondant sur des recherches scientifiques.
- f) Faire visiter aux élèves des usines locales où l'on applique des techniques électrochimiques.

Unité obligatoire n° 7

Recherches personnelles

Durée : 8 heures

On a intégré au CPO une unité obligatoire consacrée aux recherches personnelles pour donner aux élèves la possibilité d'appliquer les techniques et principes de la recherche scientifique acquis au cours de leurs années de formation scientifique théorique. La chimie étant une matière qui se trouve à la base d'autres disciplines, elle se prête particulièrement bien à ce propos : on en a besoin pour comprendre certains domaines de la biologie et de la biochimie, et son approche analytique complète l'étude de la physique. Comme les élèves changeront sans doute plusieurs fois d'emploi au cours de leur vie, il est important qu'ils acquièrent de l'assurance, qu'ils sachent s'adapter à de nouvelles situations et qu'ils fassent preuve de souplesse. C'est en faisant des recherches personnelles que les élèves développeront ces qualités.

L'un des principaux buts de cette unité est de donner aux élèves la possibilité de concevoir et de mettre en œuvre un projet de recherche en chimie, d'effectuer des expériences ou de combiner l'expérimentation à la recherche documentaire, d'analyser et d'évaluer des données chimiques. Dans la mesure du possible, chaque élève devrait faire une expérience.

Comme elles sont adaptées aux intérêts et aux aptitudes de chaque élève, les recherches personnelles exigent une interaction étroite entre l'enseignant ou l'enseignante et l'élève. Les élèves devraient discuter de leur sujet de recherche avec l'enseignant ou l'enseignante; ils devraient utiliser et améliorer les techniques qu'ils ont développées en chimie pendant ce cours et les cours de sciences antérieurs. Les enseignants ont un autre rôle clé à jouer dans cette unité, celui de se tenir au courant du déroulement de chaque projet et de guider les élèves. Ils devraient en outre les aider à décider de la date d'échéance des divers travaux et leur donner la possibilité d'évaluer leurs progrès.

Il faudrait donner aux élèves des consignes de sécurité et fixer des normes d'évaluation et de qualité qui soient claires et rationnelles. Trois façons d'aborder le sujet sont proposées dans la section intitulée «Quelques méthodes d'enseignement».

Les enseignants peuvent dresser une liste de sujets parmi lesquels les élèves choisiront un thème pour leur recherche personnelle. Voici quelques exemples de sujets possibles :

- Produits de consommation*. Les élèves pourraient tester diverses substances afin d'en vérifier ou d'en déterminer les caractéristiques (le pH; la résistance des fibres; l'inflammabilité; les réactions acido-basiques; l'efficacité d'un produit en tant que produit d'entretien, par exemple).
- Analyse qualitative*. Les élèves pourraient chercher et nommer des cations ou des anions communs dans des échantillons connus ou inconnus.
- Analyse quantitative*. Cette méthode peut servir à déterminer la composition de diverses substances. Ainsi, les élèves pourraient déterminer le pourcentage massique d'acide acétique que contient le vinaigre, la masse molaire d'un acide inconnu par titrage, la valeur de K_{sp} , ou la précipitation du sulfate dans un mélange de sulfate de sodium et de chlorure de baryum.
- Séparation des substances*. On peut séparer diverses matières physiquement ou chimiquement et déterminer certaines quantités (le pourcentage massique d'humidité que contient une substance, la quantité de cendres produites par incinération ou la précipitation sélective, par exemple).
- Chaleurs de réaction*. Les travaux préalables peuvent être approfondis (utilisation d'hydroxyde de potassium et de divers acides, détermination de la chaleur de neutralisation par mole de l'ion hydrogène à l'aide d'acides monobasiques et dibasiques, par exemple).
- Piles électrochimiques*. Les élèves pourraient faire des recherches sur l'utilisation d'une anode sacrificielle dans le processus de protection des cathodes (utilisation du magnésium ou du zinc pour protéger le fer dans divers milieux, par exemple). Il s'agit ici d'un élément complémentaire aux travaux sur les piles électrochimiques.

- g) *Éléments complémentaires*. On peut approfondir tout sujet mentionné dans les «Éléments complémentaires» du cours de 11^e année de niveau avancé, ou du CPO.
- h) *Recherche documentaire*. Les élèves peuvent procéder à une recherche documentaire approfondie sur un problème d'actualité (intoxication au plomb ou saturnisme, BPC, élimination des déchets, rôle de la chimie dans le génie génétique, par exemple).

Remarque. – Cette unité portant sur une activité personnelle, sa structure diffère quelque peu de celle des unités précédentes.

1. Objectifs

Les sujets et la méthode de recherche choisis devraient développer :

- les aptitudes et les intérêts des élèves;
- la capacité des élèves à appliquer les méthodes et les principes de la recherche scientifique, les méthodes de résolution des problèmes et le raisonnement divergent ainsi que l'aptitude à communiquer oralement et par écrit;
- le sens de la collaboration et des relations interpersonnelles chez les élèves;
- la confiance en soi des élèves pour ce qui est de leur capacité à planifier un projet et à utiliser convenablement le matériel d'analyse et les résultats des expériences de chimie;
- chez les élèves, la ténacité, l'ingéniosité, l'esprit d'initiative, la méticulosité, la précision dans la collecte des données et la fierté du travail bien fait.

2. Activités des élèves

Les élèves devront assumer la plus grande part des responsabilités en ce qui concerne la planification et la mise en œuvre de leurs recherches. Voici les tâches qu'ils devront exécuter :

- trouver un sujet d'étude et préciser la question qui sera traitée;
- analyser divers moyens de répondre à cette question;
- choisir le meilleur de ces moyens et l'appliquer;
- (i) concevoir une expérience, en indiquant les mesures de sécurité et les moyens de contrôle si nécessaire; ou (ii) planifier la recherche documentaire; ou (iii) effectuer à la fois (i) et (ii);

- recueillir et vérifier les données et les consigner de façon ordonnée;
- analyser et évaluer les renseignements recueillis en fonction de la question ou de l'hypothèse servant de point de départ au projet;
- présenter les conclusions scientifiques sous une forme que l'enseignant ou l'enseignante et l'élève trouvent acceptable.

3. Applications

Les élèves doivent indiquer les applications directes et connexes de leurs recherches.

4. Incidences sociales

Les élèves doivent analyser les répercussions du sujet de leurs recherches sur la société.

5. Évaluation du rendement des élèves

L'évaluation du rendement des élèves doit se fonder sur l'aptitude des élèves :

- à planifier leurs recherches;
- à effectuer les expériences nécessaires et à vérifier les résultats obtenus ou à employer des échantillons témoins au besoin;
- à évaluer les résultats;
- à rédiger un rapport ayant une forme acceptable.

6. Mesures de sécurité à envisager

La sécurité joue un rôle vital dans cette unité, car les imprévus y seront plus fréquents que dans le cas des travaux de laboratoire habituels. Pour assurer la sécurité des élèves, les enseignants seront extrêmement vigilants et feront attention à tous les détails. On devrait demander aux élèves de présenter un rapport sur les mesures de sécurité à appliquer avant d'effectuer des expériences.

*Voir la sous-section intitulée «Activités des élèves», page 5.

7. Éléments complémentaires

Ne s'appliquent pas à cette unité d'étude.

8. Quelques méthodes d'enseignement

Méthodes générales – Modèle de projet scientifique

- Si les installations et le temps le permettent, les recherches personnelles pourraient s'effectuer sous forme de «projet scientifique» exigeant de nombreuses expériences. Pour ce type de recherches, les élèves conçoivent une maquette fonctionnelle ou des expériences afin de vérifier une hypothèse particulière.
- Les élèves peuvent aussi effectuer une recherche documentaire approfondie pour vérifier une hypothèse ou répondre à une question de chimie. Ils prépareront une dissertation bien structurée contenant toutes les données recueillies et une bibliographie complète. Les élèves pourraient présenter leurs travaux à la classe.
- Un travail réunissant les deux premiers genres de recherches serait également acceptable.
- Les enseignants devraient attribuer ce travail dès le début du cours plutôt qu'à la fin.
- Chaque élève devrait faire un relevé précis des heures qu'il ou elle consacre à la recherche, des personnes avec lesquelles il ou elle a eu affaire et des expériences effectuées.

Suggestions générales

- Les enseignants devraient inciter les élèves à axer leurs projets sur des travaux pratiques, sans toutefois les y obliger.
- Les enseignants peuvent faire participer la classe à la planification du mode d'évaluation qui s'appliquera à cette unité.
- Un projet plus difficile peut être réalisé conjointement par deux élèves ou plus, mais l'enseignant ou l'enseignante devra redoubler d'attention pour déterminer la participation de chaque élève à l'ensemble des recherches.
- Les enseignants peuvent ne proposer que quelques sujets de projets s'ils veulent réduire le nombre d'activités exécutées simultanément.

Annexes

Annexes

- A. Codes des cours de sciences
- B. Table des matières de la 1^{re} partie
du programme-cadre

Annexe A

Codes des cours de sciences

Voici les codes des cours de sciences du palier secondaire autorisés en vertu de ce document.

Sciences, 9 ^e année, niveau fondamental	SNC1F
Sciences, 9 ^e année, niveau général	SNC1G
Sciences, 9 ^e année, niveau avancé	SNC1A
Sciences, 10 ^e année, niveau fondamental	SNC2F
Sciences de l'environnement, 10 ^e année, niveau général ..	SEN2G
Sciences, 10 ^e année, niveau général	SNC2G
Sciences de l'environnement, 10 ^e année, niveau avancé ..	SEN2A
Sciences, 10 ^e année, niveau avancé	SNC2A
Sciences, 11 ^e année, niveau fondamental	SNC3F
Biologie appliquée, 11 ^e année, niveau général	SBA3G
Chimie appliquée, 11 ^e année, niveau général	SCA3G
Sciences de l'environnement, 11 ^e année, niveau général ..	SEN3G
Biologie, 11 ^e année, niveau avancé	SBI3A
Chimie, 11 ^e année, niveau avancé	SCH3A
Sciences, 12 ^e année, niveau fondamental	SNC4F
Sciences de l'environnement, 12 ^e année, niveau général ..	SEN4G
Géologie, 12 ^e année, niveau général	SGE4G
Physique appliquée, 12 ^e année, niveau général	SPA4G
Sciences de l'environnement, 12 ^e année, niveau avancé ..	SEN4A
Géologie, 12 ^e année, niveau avancé	SGE4A
Physique, 12 ^e année, niveau avancé	SPH4A
Sciences de la technologie, 12 ^e année, niveau général	STE4G
Biologie, CPO	SB10A
Chimie, CPO	SCH0A
Physique, CPO	SPH0A
Les sciences dans la société, CPO	SSO0A

Interprétation des codes des cours de sciences :

- La première lettre du code d'un cours de sciences est toujours **S**.
- Les cours intitulés «Sciences» sont désignés par **SNC**.
- Si le cours porte un titre autre que «Sciences», le code **S** est suivi des deux premières lettres du titre (par exemple, **SBI** signifie «Sciences, Biologie» ou simplement «Biologie»; **SEN** signifie «Sciences de l'environnement»).
- Si le titre du cours comprend deux mots autres que «Sciences», le code **S** est suivi de la première lettre de chacun de ces mots (par exemple, **SCA** signifie «Sciences, Chimie appliquée» ou simplement «Chimie appliquée»).
- Le quatrième élément du code (**1**, **2**, **3**, **4** ou **0**) désigne l'année d'études, soit la 9^e, 10^e, 11^e ou 12^e année, ou les CPO, respectivement.
- Le cinquième élément du code désigne le niveau de difficulté : **F** (fondamental), **G** (général) ou **A** (avancé).

Pour de plus amples renseignements sur les codes des cours, consulter le *Guide du système uniforme de codage des cours* (Toronto, ministère de l'Éducation, 1986).

Annexe B

Table des matières de la 1^{re} partie du programme-cadre

Préface

Introduction

Les parties du programme-cadre

Cours fondés sur le programme-cadre

Programmes-cadres périmés

A : Buts et objectifs

1. Valeur et but de l'enseignement des sciences
2. Les buts de l'éducation et le rôle des sciences
3. Les buts du programme de sciences
 - 3.1 Les buts
 - 3.2 La nature des sciences
 - 3.3 Une culture scientifique générale
 - 3.4 Intégration des buts et du contenu

B : Le cadre du programme de sciences

4. Cours de sciences
 - 4.1 Le fil directeur à suivre en sciences, du jardin d'enfants aux CPO
 - 4.2 Niveaux de difficulté : fondamental, général et avancé
 - 4.3 Cours de sciences et crédits
 - 4.4 Unités d'étude de chaque cours
 - 4.5 Recommandations quant au choix des cours de sciences
5. Politique d'enseignement
 - 5.1 Contenu et méthodes
 - 5.2 Composantes de chaque unité d'étude
 - 5.3 Considérations pédagogiques pour chaque unité
 - 5.4 Nombre d'heures allouées à chaque unité
 - 5.5 Élaboration d'unités à l'échelon local

- 5.6 Intégration et appellation des cours de sciences à l'échelon local

- 5.7 La politique générale applicable aux cours de sciences

C : Quelques traits particuliers du programme de sciences

6. En ce qui concerne les élèves
 - 6.1 Sciences : le profil de l'élève modèle
 - 6.2 Adapter le programme aux élèves en difficulté
 - 6.3 Enseignement individualisé
 - 6.4 Préparation à la vie
 - 6.5 Préparation à la vie professionnelle
 - 6.6 Égalité des sexes
 - 6.7 Multiculturalisme
7. Le langage et les sciences
 - 7.1 Compétences linguistiques
 - 7.2 Travaux écrits et évaluation
 - 7.3 Terminologie anglaise dans les cours d'immersion en français
 - 7.4 Élèves immigrants
8. Mesures
 - 8.1 Estimations
 - 8.2 Système international d'unités et grandeurs physiques
 - 8.3 Exactitude et précision
 - 8.4 Présentation des problèmes
9. La sécurité
 - 9.1 La sécurité dans le laboratoire
 - 9.2 Mesures de sécurité recommandées
 - 9.3 Soins aux animaux pendant les cours de sciences
 - 9.4 Manipulation des plantes : règles de sécurité

- 10. Les valeurs et le programme de sciences
 - 10.1 Les sciences et l'acquisition des valeurs
 - 10.2 Questions épineuses et controversées
-

D : Mise en œuvre du programme de sciences

- 11. Planification du programme et perfectionnement du personnel
 - 11.1 Élaboration des politiques du conseil scolaire
 - 11.2 Planification du programme de sciences par l'école
 - 11.3 Planification des cours par les enseignants
 - 11.4 Documents d'appui du conseil scolaire
 - 11.5 Perfectionnement du personnel
 - 12. Ressources
 - 12.1 Laboratoires et matériel
 - 12.2 Centres de ressources
 - 12.3 Manuels et matériel d'apprentissage
 - 12.4 Calculatrices
 - 12.5 Ordinateurs
 - 12.6 Les milieux scientifiques
 - 13. Modes de prestation des cours de sciences
 - 13.1 Classes à deux niveaux et à années multiples
 - 13.2 Éducation coopérative
 - 13.3 Cours regroupés
 - 13.4 Éducation des adultes
 - 13.5 Centre d'études indépendantes
 - 13.6 Écoles spécialisées
 - 14. Évaluation
 - 14.1 Évaluation de la mise en œuvre du programme de sciences
 - 14.2 Évaluation du rendement des élèves
 - 14.3 Auto-évaluation des enseignants
 - 14.4 Évaluation du programme
-

Annexes

- A. Codes des cours de sciences
- B. Grandeurs physiques
- C. Principes d'écriture des unités SI
- D. Plantes vénéneuses
- E. Quelques types d'instruments de la BIMO et domaines d'apprentissage

Min Gu Ontario. Ministère de
507. l'éducation.

10713 Sciences : programme-
059sc -cadre, cycles

pt.13 intermédiaire et

French

